ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AVRIL 1910.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE PICARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président**, annonçant à l'Académie la mort de M. Agassiz, s'exprime comme il suit :

J'ai le regret de faire part à l'Académie de la mort de notre Associé étranger Alexandre Agassiz. Il y a quelques semaines, Agassiz, de passage à Paris, assistait à une de nos séances; une dépêche annonce qu'il vient de mourir sur le bateau qui le ramenait en Amérique.

C'était pour la seconde fois que le nom d'Agassiz figurait sur notre liste d'Associés. Fils de Louis Agassiz, Alexandre Agassiz, né à Neufchâtel en 1835, a été digne de son illustre père. Il fut un grand zoologiste, et le principal représentant en Amérique de la biologie marine. Il a donné une vive impulsion aux recherches embryogéniques, et étudié surtout à fond les formes larvaires. Les Échinodermes l'ont particulièrement attiré, et on lui doit la connaissance des formes transitoires des Étoiles de mer, des Oursins, des Holothuries. Agassiz a montré aussi que certaines Annélides présentent des phénomènes de génération alternante compliquée, si bien que les trois formes neutre, mâle et femelle d'une même espèce avaient été classées dans trois genres différents. Ces admirables travaux préserveront son nom de l'oubli, ainsi que ses recherches sur les Poissons, qui ont eu un grand retentissement parmi les paléontologistes. Agassiz avait fondé à Newport le premier laboratoire de zoologie marine; je me rappelle avoir eu jadis l'heureuse fortune de l'y rencontrer et avoir été le témoin de ses enthousiasmes scientifiques.

Agassiz fut aussi un grand explorateur des mers. Dès 1868, reprenant les explorations sous-marines commencées par son père, il visita les côtes de l'Amérique, depuis le Massachusetts jusqu'à la Floride et le golfe du Mexique. Il explora ensuite le Pacifique, rapportant quantité d'échantillons

et d'observations précieuses pour la biologie marine. Quelques-unes de ses recherches ont une portée géologique considérable, comme celles qui concernent les récifs de coraux. Agassiz montre que les conclusions de Darwin à ce sujet, supposant un lent abaissement du fond de la mer, n'ont pas la généralité admise jusque-là.

La disparition d'un savant, dont la féconde activité a touché à tant de sujets, est pour la Science une grande perte. L'Académie s'associe aux regrets que cause aux États-Unis la mort de l'illustre naturaliste.

M. le **Président** rend compte, dans les termes suivants, des fêtes de l'inauguration du Musée océanographique de Monaco :

L'Académie était représentée à l'inauguration du Musée océanographique de Monaco. Plusieurs de nos confrères et moi avons assisté aux fêtes brillantes données à cette occasion. Le Musée océanographique est situé dans une position magnifique, presque à la pointe sud du rocher de Monaco, dominant la mer de près de soixante mètres. Il renferme les admirables collections provenant des campagnes effectuées par le Prince depuis 25 ans, avec des représentants des faunes de diverses profondeurs, qui vont jusqu'à plus de 6000^{m}. On y trouve aussi tous les instruments employés, tels que sondes, thermomètres à retournement, bouteilles pour capter l'eau, filets variés et dragues. D'une façon générale, ce Musée, unique au monde, doit contenir tout ce qui se rapporte aux chapitres des sciences physiques et biologiques, qu'on réunit aujourd'hui sous le nom d'*Océanographie*, en y comprenant aussi de nombreuses applications pratiques. Il possède en plus des laboratoires où sont conviés les savants qui s'intéressent aux choses de la mer.

De nombreuses Académies et Sociétés scientifiques avaient envoyé des délégués à Monaco. Ils ont fait à votre Président l'honneur de lui demander de prendre la parole en leur nom. J'ai donc joint leurs hommages à l'expression du haut intérêt que porte l'Académie des Sciences de Paris aux recherches du Prince éclairé dont le nom figure sur la liste de ses Associés étrangers.

NOMINATIONS.

MM. **Zeiller** et **Mangin** sont désignés pour représenter l'Académie au *IIIe Congrès international quinquennal de Botanique*, qui se tiendra à Bruxelles du 14 au 22 mai 1910.

M. le Président de la Ligue maritime française invite l'Académie à se faire représenter à l'*Assemblée générale* qui aura lieu le dimanche 10 avril à la Sorbonne.

M. L.-E. Bertin est désigné pour représenter l'Académie.

CORRESPONDANCE.

M. C.-Th. Albrecht, élu Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation, adresse des remercîments à l'Académie.

Le Secrétaire général du XI[e] Congrès géologique international invite l'Académie à se faire représenter à ce Congrès, qui se tiendra à Stockholm du 18 au 25 août prochain.

(Renvoi à la Section de Minéralogie.)

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Dieu et Science. Essais de psychologie des sciences*, par Élie de Cyon. (Présenté par M. Ph. van Tieghem.)

2° Le *Compte rendu* des travaux exécutés par le Service géographique de l'Armée en Indo-Chine, pendant l'année 1909.

3° Les planches I-IX de la *Carte photographique du Ciel*, dressées par l'Observatoire royal de Belgique, à Uccle.

ASTRONOMIE. — *Sur la théorie de Fontenelle relative à la constitution des comètes*. Note de M. Wilfrid de Fonvielle.

L'idée de comparer les comètes à d'immenses lentilles de verre concentrant derrière elles les rayons solaires et éclairant avec une vivacité considérable les objets matériels sur lesquels elles tombent, est tellement naturelle qu'on ignore en quelque sorte son origine. Elle fut indiquée par le

philosophe Sénèque dès le commencement de l'ère chrétienne, dans un chapitre de ses *Questions naturelles*. Mais elle fut abandonnée à l'exemple de Kepler qui après l'avoir propagée avec enthousiasme y renonça, après avoir constaté qu'une grande comète qu'il eut l'occasion d'observer possédait une queue courbe. C'est l'impossibilité d'expliquer cette disposition singulière qui modifia complètement son opinion.

Sans s'arrêter à cette objection, l'illustre Fontenelle, l'un des premiers secrétaires perpétuels de l'Académie des Sciences, exposa avec une verve admirable cette manière de voir dans sa *Pluralité des mondes*, un des chefs-d'œuvre de la littérature astronomique.

On me permettra donc, je l'espère, de saisir l'occasion de l'apparition de la comète de Halley et de plusieurs corps célestes du même genre pour appeler l'attention de l'Académie sur les arguments qui recommandent en ce moment l'opinion d'un grand français à l'attention du monde savant.

Actuellement, sur toutes les côtes civilisées, on rencontre un grand nombre de phares qui reproduisent avec éclat des phénomènes analogues à ceux auxquels Fontenelle attribue la formation des queues de comète. Les poussières de l'air atmosphérique et les molécules des gaz qui le composent jouent dans notre océan aérien le rôle que Fontenelle attribue aux matières solides qui gravitent dans l'espace.

Aujourd'hui qu'on sait d'une façon incontestable que la substance diaphane qui constitue les comètes est bien un gaz doué de réfringence, on devrait se demander ce que devient la lumière traversant ces corps célestes et s'y concentrant forcément, si l'on soutenait qu'elle ne constitue pas la queue. L'explication de Fontenelle ne pourrait point être abandonnée sans résistance, même dans le cas où l'on ne trouverait aucun moyen pour répondre à l'objection qui, suivant nous, devait dérouter le génie de Kepler, mais aujourd'hui ne possède plus aucune valeur sérieuse.

En effet, ce que l'immortel auteur des lois sublimes, représentant le mouvement des planètes et des comètes autour du Soleil, ignorait profondément, ce dont il ne pouvait avoir aucune notion, c'est que la lumière met un temps appréciable à parcourir les espaces célestes.

Les queues de comète ne se manifestent, avec des dimensions considérables et des courbures appréciables, que lorsque l'astre d'où elles émanent est situé dans le voisinage du Soleil; il faut deux conditions essentielles. La première, nécessitée par les lois de la réfraction, c'est que la source lumineuse soit rapprochée de la lentille pour donner une projection notable. La seconde, c'est que la vitesse avec laquelle la lentille gazeuse se déplace soit

considérable. Cette seconde condition, on le sait, en vertu même des lois découvertes par Kepler, n'est remplie que lorsque la comète a un rayon vecteur de dimension relativement faible. Mais, quand ces deux conditions sont remplies, que la comète possède un diamètre suffisant, que sa transparence n'est pas troublée par quelques conditions particulières et que la Terre est placée dans une situation favorable, c'est alors que les courbures apparaissent.

Peut-il en être autrement; est-ce que les rayons divergents auront le pouvoir de conserver leur rectilignité pendant des millions de kilomètres, si l'œil des astronomes et même de tous les habitants de la Terre aperçoit au même instant, non pas une seule image, mais la combinaison de plusieurs images successives?

Comment ne comprendrait-on pas que dans un éclairage aussi grandiose, tous les rayons lancés par la queue d'une comète à un instant physique déterminé ne viennent point frapper au même instant la rétine. Il est donc incontestable que nous ne voyons pas pour ainsi dire une seule image, mais bien la combinaison de plusieurs images successives.

Nous ne croyons pas qu'il soit nécessaire d'insister plus longtemps sur la signification réelle de ces beaux et grands phénomènes dont la génération s'explique si facilement. Mais je demanderai la permission de rappeler qu'il y a dans les observations faites dans ces derniers temps, surtout aux Observatoires de Paris et de Greenwich, des points intéressants qui viennent confirmer l'opinion de Fontenelle.

On a vu plusieurs fois des rayons interrompus, ce qui s'explique facilement en admettant que le nuage de matière cosmique éprouve une interruption analogue. On a vu tout d'un coup surgir des points lumineux distincts rayonnant d'un certain éclat. N'était-ce point quelques corps ayant des dimensions assez notables; en un mot, dans les apparitions de queues de comète, ne doit-on pas retrouver successivement toutes les péripéties qu'on observe en étudiant les étoiles filantes?

Ajoutons, en terminant, que l'incroyable multiplicité des observations de ce genre dans tous les horizons terrestres nous montre jusqu'à quel point l'océan des mondes est peuplé. Il nous prouve combien Fontenelle avait raison en s'écriant avec enthousiasme à la fin de son entretien avec son aimable marquise : « que les comètes étaient comme une lanterne sourde dont l'Éternel se servait pour faire admirer aux humains les merveilles qui complètent toutes les parties de son œuvre ».

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur la représentation sphérique de certaines familles de Lamé.* Note [1] de M. J. HAAG.

Voici des généralisations, qui me semblent intéressantes, des résultats que j'ai publiés dans les *Comptes rendus* du 22 novembre et du 27 décembre 1909.

Proposons-nous d'abord la question suivante, qui est une extension de notre Note du 3 août 1908 :

Trouver toutes les familles de Lamé, composées de surfaces ayant pour représentations sphériques de leurs lignes de courbure, des réseaux orthogonaux égaux.

En nous appuyant sur une proposition qui nous a été communiquée dernièrement par M. Petot, nous sommes arrivé aux résultats suivants :

Imaginons un trièdre $Oxyz$, pivotant autour de son sommet O et entraînant dans son mouvement un réseau sphérique orthogonal (s). Soient c, c', c'' les coordonnées, relatives à ce trièdre, du point m de la sphère où se coupent les deux lignes de paramètre u et v; et soient r et r_1 les rotations, relatives à mZ, du trièdre $mXYZ$ attaché à chaque point m par le réseau (s). Soient enfin λ, μ, ν les projections sur $Oxyz$ du vecteur instantané de rotation, relatif au mouvement de ce trièdre par rapport à un trièdre fixe $Ox_1y_1z_1$. Pour que les différentes positions du système (s) puissent servir de représentations sphériques aux lignes de courbure des surfaces d'une famille de Lamé, il faut et il suffit qu'on puisse trouver une fonction A de u et t et une fonction B de v et t (t désigne le temps dans le mouvement du trièdre $Oxyz$), telles que l'on ait

$$c\lambda + c'\mu + c''\nu = rA + r_1B. \tag{1}$$

Cette relation est très facile à discuter, si l'on remarque que c, c', c'', r, r_1 sont indépendants de t. On peut en déduire très facilement les conditions nécessaires et suffisantes auxquelles doit satisfaire le système (s), ainsi que le mouvement du trièdre $Oxyz$ et les β_{ik} des systèmes triples orthogonaux correspondants, lorsque ces conditions sont remplies. Nous publierons autre part les résultats auxquels nous avons été conduit.

---

[1] Reçue dans la séance du 29 mars 1910.

Posons-nous maintenant un problème analogue à celui que nous avons résolu dans notre Note du 22 novembre 1909 :

Peut-on trouver deux familles de Lamé composées de surfaces ayant deux à deux, pour représentations sphériques, des réseaux sphériques superposables, mais pas forcément superposés?

En raisonnant comme dans la Note que nous venons de rappeler, on constate que *chacun des réseaux sphériques précédents doit, en tournant autour d'un axe convenable, engendrer une famille de réseaux capables de servir de représentations sphériques aux surfaces d'une famille de Lamé.*

Réciproquement, si l'on possède sur la sphère une famille de réseaux jouissant chacun de cette propriété relativement à un certain axe de rotation, et si cette famille peut servir de représentation sphérique à une famille de Lamé, on peut en déduire une infinité de familles analogues, dépendant d'une ou de deux fonctions arbitraires d'une variable, et composées chacune des mêmes réseaux que la famille primitive, placés simplement dans des positions relatives différentes. On peut, en partant de là, *généraliser complètement la théorie* que nous avons exposée *sur certains groupes de familles de Lamé* dans la Note déjà citée.

On peut imaginer un grand nombre d'applications de cette théorie.

Par exemple, cherchons *les familles de Lamé dont les représentations sphériques se composent pour chaque surface d'un réseau de révolution autour d'une certaine droite* Oλ.

Si l'on remarque qu'en imprimant à chaque réseau une rotation arbitraire autour de la droite Oλ correspondante, on retombe sur la même famille de réseaux; on voit qu'on retombe sur la question précédente. Il sera facile d'en déduire la solution du problème, de même que l'on peut déduire de notre première théorie des groupes de familles de Lamé, toutes les familles de Lamé composées d'hélicoïdes (et cela plus simplement encore que nous ne l'avons fait dans notre Note du 6 décembre 1909).

De même, supposons une famille (F) de réseaux, représentations sphériques d'une famille de Lamé. Prenons le symétrique de chaque réseau par rapport à un plan variable π. Nous obtenons une nouvelle famille (F'). Pour qu'elle puisse servir de représentation sphérique à une famille de Lamé, il faut et il suffit que chaque réseau de (F) puisse engendrer une famille de Lamé (par abréviation) en tournant autour de la droite D suivant laquelle le plan π touche son enveloppe ε. (Comparer avec notre Note du 27 décembre 1909.)

On peut trouver un énoncé analogue en remplaçant le plan π par une droite. Enfin on peut évidemment appliquer ceci à la recherche des *familles de Lamé dont les représentations sphériques sont des réseaux possédant chacun un ou plusieurs plans ou axes de symétrie.*

C'est ce que nous développerons dans un Mémoire détaillé.

AÉRONAUTIQUE. — *L'équilibre longitudinal et la courbure des surfaces portantes des aéroplanes.* Note de M. **René Arnoux**, présentée par M. H. Deslandres.

On sait que les surfaces portantes de tous les aéroplanes actuels présentent à l'action de l'air une concavité tournée vers le sol, à courbure dirigée d'avant en arrière, d'autant plus prononcée que le rapport desdites surfaces au poids de l'appareil est plus faible. Cette courbure a évidemment pour avantage d'augmenter, toutes choses égales d'ailleurs, leurs qualités sustentatrices. C'est ainsi que pour un angle d'attaque de 7° sous lequel fonctionnent la généralité des appareils actuels, l'expérience fournit les valeurs suivantes des coefficients de réaction de poussée K_y et de traînée K_x exercées par l'air dans des directions respectivement *normale* et *parallèle* à son écoulement sous des surfaces planes ou ayant comme flèche maxima de courbure $\frac{1}{30}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{12}$ et $\frac{1}{8}$ de la largeur ou profondeur de la surface.

7°.	$\frac{1}{\infty}$.	$\frac{1}{30}$.	$\frac{1}{20}$.	$\frac{1}{16}$.	$\frac{1}{12}$.	$\frac{1}{8}$.
K_y	214	283	310	386	390	440
K_x	24	22	32	44	45	81

Les données de ce Tableau montrent que si la courbure $\frac{1}{30}$ augmente de 31 pour 100 le coefficient K_y de sustentation des surfaces planes, la courbure $\frac{1}{20}$ l'augmente de 44 pour 100, celle de $\frac{1}{16}$ de 79 pour 100, celle de $\frac{1}{12}$ de 82 pour 100, et enfin la courbure $\frac{1}{8}$ double à peu près la valeur de ce coefficient. Mais si la courbure $\frac{1}{8}$ double les qualités sustentatrices des surfaces planes, par contre elle augmente dans le rapport de 24 à 81 ou de 1 à 3,37 le coefficient K_x de résistance à la translation, alors qu'un accroissement de vitesse de 41 pour 100 donné à une surface plane, en doublant également la sustentation, ne ferait que doubler cette même résistance au lieu de la tripler.

Malheureusement si les surfaces concaves *de faible courbure* ont l'avantage d'augmenter la sustentation dans une proportion plus grande que la résistance à la translation, cet avantage est amplement compensé par le

grave défaut de rendre *l'équilibre longitudinal* des appareils actuels d'autant plus *instable* que la courbure des surfaces portantes est plus prononcée.

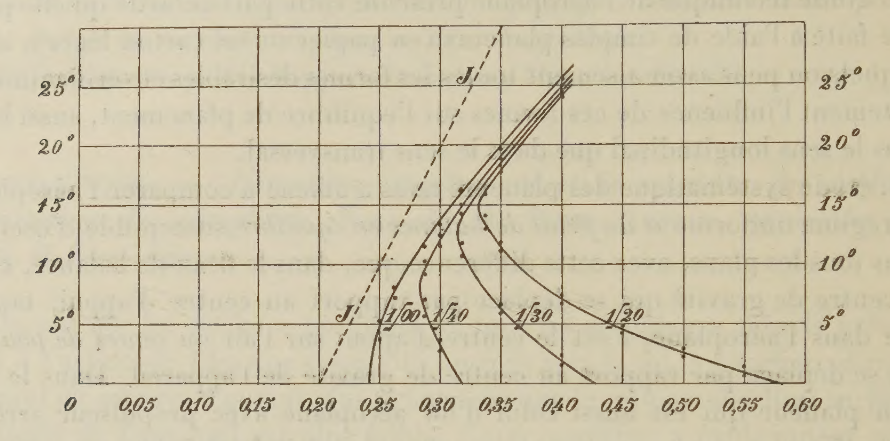
L'étude technique de l'aéroplane présente cette particularité qu'elle peut être faite à l'aide de simples planeurs (en papier ou en carton léger), avec lesquels on peut avoir aisément toutes les formes désirables et vérifier immédiatement l'influence de ces formes sur l'équilibre de planement, aussi bien dans le sens longitudinal que dans le sens transversal.

L'étude systématique des planeurs nous a amené à comparer l'aéroplane en régime uniforme *à un fléau de balance en équilibre* susceptible d'osciller dans tous les plans, avec cette différence que, dans le fléau de balance, c'est le centre de gravité qui se déplace par rapport au centre d'appui, tandis que dans l'aéroplane, c'est le centre d'appui sur l'air ou *centre de poussée* qui se déplace par rapport au centre de gravité de l'appareil. Dans le cas d'un planeur qui est aussi celui d'un aéroplane avec propulseur arrêté, les surfaces portantes prennent, pendant la période de planement et par rapport à la trajectoire, une position angulaire telle que le centre de sustentation et le centre de gravité soient sur la même verticale. Dans le cas d'un aéroplane propulsé, ses surfaces portantes prennent une autre position angulaire d'équilibre réglée par la condition plus générale que la *somme des moments* des différentes forces en jeu soit constamment nulle par rapport à un axe perpendiculaire au plan de symétrie que possède tout aéroplane, quel qu'en soit le système.

Mais, comme cet équilibre peut être *stable, indifférent ou instable*, alors même que le centre de gravité se trouve placé au-dessous du centre de sustentation, la connaissance de la loi qui lie le déplacement du centre de réaction de l'air sur les surfaces portantes à leur angle d'attaque est nécessaire. La méthode employée par nous pour cette recherche n'est autre que celle dont se servit Joëssel pour les plans minces immergés obliquement dans un courant d'eau. Elle est basée sur l'emploi *comme girouette* de la surface rectangulaire à étudier dont l'axe vertical de rotation est susceptible d'être déplacé *parallèlement au bord d'attaque*. Une alidade à fourchette permet d'amener la surface dans toutes ses positions *d'équilibre instable* et de déterminer celle-ci avec une précision aussi grande que les positions d'équilibre stable.

C'est ainsi qu'ont été obtenues les courbes ci-dessus. La courbe $\frac{1}{\infty}$ est celle d'une surface *plane* rectangulaire, et les courbes $\frac{1}{40}$, $\frac{1}{30}$ et $\frac{1}{20}$ ont été successivement obtenues avec la même surface courbée *cylindriquement*. Enfin

la courbe JJ est celle obtenue par Joëssel pour les plans immergés dans un courant d'eau.



L'examen de ces différentes courbes montre d'abord toute l'importance de la position du centre de gravité de l'aéroplane, lequel, pour assurer à l'angle d'attaque de ses surfaces portantes une valeur suffisante, doit être porté d'autant moins vers l'avant que la courbure est plus grande. Il est bien évident que si le centre de gravité qui règle en quelque sorte l'angle d'attaque, est placé trop en avant, c'est-à-dire à moins de 24 pour 100 de la profondeur de la surface lorsque celle-ci est plane, de 29 pour 100 pour les surfaces ayant une courbure de $\frac{1}{40}$, de 31 pour 100 pour celles de $\frac{1}{30}$ et de 35 pour 100 pour celles de $\frac{1}{20}$, le centre de sustentation de l'aéroplane ne pouvant jamais atteindre la verticale passant par le centre de gravité, l'angle d'attaque s'annulera dès l'arrêt du moteur de l'appareil et celui-ci *piquera* immédiatement vers le sol où il viendra se briser infailliblement si l'aviateur ne réactionne pas assez vite et assez énergiquement avec son gouvernail de profondeur.

Mais supposons résolue la question de la position du centre de gravité et examinons dans quel sens doit se déplacer le centre de sustentation des surfaces portantes pour assurer la stabilité de l'équilibre de l'aéroplane, lorsque l'angle d'attaque vient à varier brusquement. Il est facile de voir que celle-ci sera réalisée si le centre de sustentation se porte *en avant* de la verticale du centre de gravité, lorsque l'angle d'attaque *diminue*, et *en arrière* lorsque cet angle *augmente*, car la réaction sustentatrice de l'air et le poids de l'appareil cessant d'être directement opposés l'un à l'autre donnent, dans les deux cas, naissance à un couple tendant à ramener l'aéroplane dans sa position primitive d'équilibre angulaire.

Or l'examen des courbes précédentes montre (dans la région correspondant aux faibles angles d'attaque seuls utilisés en aviation) que si les surfaces planes répondent à ce desideratum pour toutes les valeurs de cet angle, il n'en est pas de même pour les surfaces concaves dont le centre de poussée, en se déplaçant *en sens inverse* de celui des surfaces planes, donne lieu à une instabilité d'équilibre obligeant l'aviateur à une manœuvre de son gouvernail de profondeur aussi attentive et incessante que celle du balancier par l'équilibriste sur la corde raide.

C'est cette instabilité de l'équilibre longitudinal des surfaces concaves qui rend si délicate et si dangereuse la conduite des aéroplanes actuels, et autorise à dire que l'Aviation est présentement à un tournant de son histoire, qui va l'obliger à sortir de ses errements actuels si elle veut réellement progresser et non se cantonner dans la construction d'appareils dont la conduite est restée jusqu'ici l'apanage de véritables acrobates, ou d'hommes qui en ont l'entraînement et les qualités de sang-froid et d'audace.

Pour nous résumer, nous ajouterons qu'avec les surfaces planes permettant actuellement, à défaut d'autres, de réaliser un équilibre stable pour tous les angles d'attaque et par conséquent d'enlever à l'aviateur toute préoccupation du rétablissement incessant et délicat de cet équilibre, la conduite d'un aéroplane sera plus facile que celle d'une automobile dont le conducteur n'a devant lui que la largeur de la route, tandis que l'aviateur a l'espace.

PHYSIQUE. — *Sur la relation de Havelock entre la biréfringence et l'indice de réfraction.* Note [1] de MM. **A. Cotton** et **H. Mouton**, présentée par M. J. Violle.

Dans un essai théorique où il cherche à ramener à une même explication les diverses sortes de biréfringence connues, Havelock [2] a prévu que la variation de la biréfringence d'un corps avec la longueur d'onde doit être reliée simplement à la variation de l'indice de réfraction du même milieu à l'état isotrope, la densité étant supposée la même dans les deux cas. La relation à laquelle il est conduit peut s'écrire

$$n' - n'' = C\,\frac{(n^2-1)^2}{n}, \tag{1}$$

[1] Présentée dans la séance du 21 mars 1910.

[2] Havelock, *Proc. Roy. Soc.*, A, t. LXXX, 1908, p. 28; *Phys. Rev.*, t. XXVIII, 1909, p. 136.

n étant l'indice du milieu isotrope, C une constante, n' et n'' les indices principaux du milieu biréfringent uniaxe. Havelock avait recherché en particulier si sa formule s'appliquait à la biréfringence accidentelle des liquides (dans ce cas n est l'indice de réfraction mesuré en dehors du champ, et la quantité $n' - n''$ est donnée directement par l'expérience), et il avait trouvé qu'elle s'accordait pour le phénomène de Kerr avec les mesures faites sur le sulfure de carbone. Il s'était demandé également si les variations de la biréfringence magnétique des liquides se laisseraient représenter par la même formule.

Nous avons donc mesuré les indices de la nitrobenzine qui nous avait servi dans nos recherches, pour les radiations mêmes que nous avons utilisées. La formule (1) représente bien les résultats obtenus, les écarts ne dépassant pas les erreurs d'expérience; elle fournit donc au moins une loi approchée. D'une façon indépendante, Skinner et Mc Comb (¹) arrivent au même résultat et trouvent la relation de Havelock vérifiée non seulement pour la nitrobenzine, mais pour les huit autres liquides qu'ils ont étudiés.

L'hypothèse qui a conduit Havelock à la formule (1) consiste à admettre que les molécules du liquide sont assimilables à des corps isotropes, dont le champ modifie la *répartition*. Elle est donc distincte de celle que nous avons admise, que plusieurs physiciens (²) avaient envisagée déjà à propos de questions analogues, et qui consiste à admettre l'*orientation* de molécules anisotropes. Mais, nous montrons dans un travail plus étendu que la formule (1) peut être déduite de l'hypothèse même de l'orientation, qui se trouve ainsi rendre compte des faits observés sur la dispersion.

Des calculs, à très peu près les mêmes que ceux de Havelock, nous conduisent à la formule (1). En revanche, une autre relation que Havelock est conduit à établir entre les indices (³) ne résulte pas nécessairement de notre

(¹) Skinner, *Phys. Rev.*, t. XXIX, déc. 1909, p. 541. — Mc Comb, *Phys. Rev.*, t. XXIX, déc. 1909, p. 525.

(²) Notamment Boussinesq, *Théorie analytique de la chaleur*, t. II, 1903, p. 600.

(³) Dans le cas d'un milieu uniaxe, n' étant l'indice ordinaire, Havelock trouve que l'on doit avoir la relation

$$n = \frac{2n' + n''}{3}. \tag{2}$$

Nous avons trouvé antérieurement cette relation vérifiée dans le cas des colloïdes de Majorana biréfringents dans le champ magnétique.

hypothèse, et nous pouvons par suite considérer la formule (1) comme valable même dans les cas où cette seconde relation ne serait pas satisfaite. D'autre part, dans l'hypothèse de Havelock, certains faits expérimentaux s'expliquent difficilement : on ne comprend pas pourquoi la biréfringence magnétique de liquides, tous diamagnétiques, est positive pour les uns, négative pour les autres. La même difficulté se présente à propos du phénomène de Kerr.

Les cristallographes sont d'ailleurs conduits à admettre aujourd'hui que, même dans le cas des cristaux, ce n'est pas la répartition réticulaire qui joue le rôle prépondérant dans l'explication de la biréfringence. Le fait que Havelock a montré que sa formule s'applique à certains cristaux, au quartz notamment [1], n'est pas un argument décisif en faveur de sa théorie, puisque les particules cristallines que l'on considère (quelle que soit leur nature) ne sont pas seulement ordonnées, mais orientées. Enfin certaines propriétés des liquides anisotropes de Lehmann seraient, comme on sait, très difficiles à expliquer si l'on devait les rapporter à une répartition et non à une orientation des particules.

En résumé, de même que les autres résultats sur la biréfringence magnétique ou électrique des liquides [2], la relation de Havelock est d'accord avec l'hypothèse de l'orientation moléculaire.

---

(1) Dans notre Mémoire détaillé, nous reviendrons sur ces calculs de Havelock sur les cristaux : ils ont été faits en utilisant soit l'ensemble des relations (1) et (2), soit simplement la relation $\frac{1}{n'^2-1}-\frac{1}{n''^2-1}=\text{const.}$, à laquelle conduit directement la théorie.

Il y a encore une autre manière de vérifier la formule (1) dans le cas des cristaux : elle consiste à mesurer les indices de la même substance à l'état amorphe et à tenir compte du changement de densité. Les données expérimentales nécessaires ne sont pas connues avec une précision suffisante pour la plupart des corps (tels que l'eau et la glace) pour lesquels la vérification pourrait être tentée. Signalons toutefois un résultat que nous avons obtenu en comparant les indices du quartz cristallisé avec les indices du quartz amorphe trouvés par Trommsdorf : dans l'énorme intervalle de longueur d'onde compris entre 656 et 186, le rapport entre les valeurs de $n-1$ pour le quartz cristallisé [n étant calculé par la formule (2)] et pour le quartz fondu demeure très sensiblement constant. Il ne varie dans tout cet intervalle que de 1,194 à 1,187 et paraît bien être égal au rapport des densités (densité du quartz cristallisé, 2,65; densité du quartz fondu, moins bien connue, 2,22 environ).

(2) *Comptes rendus*, t. 150, 21 mars 1910, p. 774.

SPECTROSCOPIE. — *Prolongement du spectre de bandes de l'azote dans le rouge extrême et l'infra-rouge.* Note de M. F. **Croze**, présentée par M. H. Deslandres.

Les renseignements que nous possédons actuellement sur les spectres des métalloïdes dans le rouge extrême et la première région infra-rouge sont très incomplets. La plupart des relevés, obtenus au moyen du bolomètre ou du radiomicromètre ne donnent pas une représentation suffisante de la structure du spectre. Grâce à la bienveillance de M. Deslandres, qui a mis à ma disposition le dispositif spécial préparé par lui pour l'étude spectrale des gaz, j'ai pu aborder l'étude de ces spectres par la méthode photographique. Ce sont les premiers résultats de ces recherches que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. Ils se rapportent au spectre de bandes de l'azote.

Ce spectre comprend dans les régions lumineuse et ultraviolette quatre groupes distincts de bandes, dégradées vers les courtes longueurs d'onde. Le groupe le moins réfrangible, appelé *groupe de Thalen* ou *premier groupe de Deslandres*, s'étendait, d'après le relevé de Thalen (1875), entre λ 687 et λ 500. Il présentait quatre sous-groupes semblables [1], chaque bande étant caractérisée par trois maxima ou arêtes successives dont les plus intenses sont la troisième qui forme la tête et la première. Ensuite Piazzi-Smith et A. Herschel (1880 et 1885) reconnurent l'existence de bandes nouvelles comprises entre la bande A du spectre solaire et la première bande de Thalen. Mais, à cette époque, les lois de distribution des bandes dans les spectres (Deslandres, 1886 et 1887) n'étaient pas encore connues, et, bien que ces physiciens en aient eu une vague intuition, ils ne reconnurent pas le vrai caractère de ces bandes et ne crurent pas devoir les rattacher au groupe de Thalen. Récemment, Langley (1900), Drew (1903) et Coblentz (1905), étudiant les spectres infra-rouges au moyen du bolomètre et du radiomicromètre, montrèrent que le spectre de bandes de l'azote se poursuit d'une façon continue, jusqu'au delà de 1^{μ}. Leurs relevés ne donnent pas la structure du spectre et se bornent à indiquer des maxima d'intensité croissante

(1) Il y a un groupe du pôle négatif, et trois du pôle positif numérotés du rouge au violet, dans l'ordre de leur reconnaissance. Mais M. Deslandres estime qu'il vaudrait mieux les numéroter de l'ultraviolet au rouge pour laisser la place aux groupes de l'infra-rouge. Le premier groupe serait alors le troisième.

correspondant approximativement aux longueurs d'onde $0^{\mu},546$, $0^{\mu},667$, $0^{\mu},75$, $0^{\mu},90$, $1^{\mu},06$.

Dans les premières expériences que j'ai faites, je me suis servi d'un tube en bout du modèle ordinaire contenant de l'air à la pression de 2^{mm} de mercure et excité par une bobine de 35^{cm} d'étincelle. Le spectrographe était constitué par un collimateur de 55^{cm} de longueur et de rapport d'ouverture égal à $\frac{1}{15}$, deux prismes de flint moyen et une chambre photographique de 65^{cm} de longueur focale. J'ai employé des plaques sensibilisées d'après les procédés indiqués à Meudon par M. de Moncetz [1].

J'ai obtenu tout d'abord une série de huit bandes en parfaite continuité avec le premier groupe de Deslandres. Elles en ont la structure caractéristique et forment ainsi un cinquième sous-groupe moins réfrangible qui vient s'ajouter aux quatre précédents. En prolongeant pendant plusieurs heures les temps de pose, j'ai obtenu ensuite une nouvelle série de huit bandes encore moins réfrangibles que les précédentes, mais de même structure. Les deux plus réfrangibles de ces bandes nouvelles appartiennent au cinquième sous-groupe, tandis que les six autres constituent au moins la première partie d'un sixième sous-groupe. Le premier groupe de l'azote comprend ainsi, dans la région comprise entre $\lambda 910$ et $\lambda 500$, six sous-groupes semblables.

Dans cette recherche j'ai été guidé constamment par la loi que Deslandres a posée pour la distribution des bandes dans les spectres et qui lui avait permis de grouper les bandes de ce premier groupe en trois ou cinq séries arithmétiques. En 1902, Cuthbertson montra que toutes ces bandes pouvaient être distribuées suivant treize séries arithmétiques et il publia un Tableau où ces treize séries étaient rangées suivant des colonnes verticales [2]. Peu de temps après Deslandres signala dans la distribution de ces bandes une particularité très intéressante et qui a été retrouvée depuis dans d'autres spectres : « Non seulement les intervalles horizontaux du Tableau de Cuthbertson forment une série arithmétique de raison égale à 30,319, mais les intervalles verticaux dans ce même Tableau forment ainsi une progression arithmétique de raison égale à 29,363. La combinaison de ces deux pro-

---

(1) *Comptes rendus*, 2e semestre 1909.

(2) CUTHBERTSON, *Philosophical Magazine*, 6e série, t. III, 1902, p. 348-353. Son Tableau est tout semblable à celui publié en 1886 par Deslandres pour le deuxième groupe de l'azote.

gressions fait que les bandes disposées sur les lignes diagonales ou inclinées du Tableau forment ainsi des progressions arithmétiques de raisons variables, et c'est à l'une de ces progressions nombreuses que se rapportent les trois ou cinq séries annoncées en 1886. La distribution des 42 bandes du premier groupe a donc une simplicité remarquable, et il peut être représenté par la formule suivante dont les deux paramètres n et p prennent les valeurs des nombres entiers successifs :

$$N = 22785,1 - \frac{30,319}{8}(2n)^2 + \frac{29,363}{8}(2p+1)^2 \quad (^1).$$

Les mesures faites sur les huit premières bandes du cinquième sous-groupe ont donné des résultats qui s'accordent bien avec les nombres calculés d'après la formule précédente, en donnant au paramètre n des valeurs allant de 55 à 48 et au paramètre p les valeurs de 49 à 42. En réduisant ces nombres en longueurs d'onde, on a en effet le Tableau suivant :

n.	*p*.	λ calculé.	λ observé.	*n*.	*p*.	λ calculé.	λ observé.
55	49	774,7	774,2	51	45	727,0	727,4
54	48	762,1	762,8	50	44	716,1	716,8
53	47	749,9	750,4	49	43	705,5	705,4
52	46	738,3	738,1	48	42	695,3	695,2

Les différences ne sont pas notablement supérieures à celles qui se rencontrent dans le reste du groupe ; elles s'expliquent d'ailleurs par la précision plus grande des mesures de Hasselberg utilisées par Cuthbertson et Deslandres. Il est de plus intéressant de remarquer que grâce à l'adjonction de ces bandes le Tableau de Cuthbertson prend une forme plus symétrique.

Il était donc naturel de pousser plus loin le calcul et de chercher la place que devraient occuper dans le Tableau, de nouvelles bandes encore moins réfrangibles et situées cette fois dans l'infra-rouge. Ce calcul fait, il était nécessaire de le vérifier par le relevé de ces bandes infra-rouges. En prolongeant les temps de pose à Meudon jusqu'à des durées de 6 heures et en utilisant à Paris un spectrographe plus lumineux mis à ma disposition par le laboratoire des recherches physiques de la Sorbonne, j'ai obtenu quelques-unes de ces bandes infra-rouges et mesuré leurs longueurs d'onde. La concordance entre le résultat des mesures et les nombres donnés par le calcul,

(1) Deslandres, *Comptes rendus*, 1902.

est un peu moins satisfaisante que pour les bandes précédentes, à cause de l'étendue plus grande de l'extrapolation, mais elle est encore suffisante.

n.	p.	λ calculé.	λ observé.	n.	p.	λ calculé.	λ observé.
57	50	910,7	910,1	53	46	836,5	836,9
56	49	890,8	890,3	52	45	820,1	820,4
55	48	871,3	870,5	51	44	804,2	804,3
54	47	853,8	854,1	50	43	789,1	788,7

C'est la seconde fois que des bandes indiquées par le calcul ont pu être retrouvées par l'expérience, le premier exemple de cette méthode de recherche ayant été donné par Deslandres au sujet du spectre des hydrocarbures [1].

PHYSIQUE. — *Sur une erreur systématique qui limite la précision de l'expérience de Cavendish. Méthode nouvelle pour l'étude de la gravitation.* Note de M. V. Crémieu, présentée par M. E. Bouty.

J'ai montré précédemment [2] que : 1° lorsque le fil d'une balance de torsion n'est pas dépourvu de toute flexion par rapport à la verticale, il n'y a plus indépendance des oscillations azimutales et pendulaires que peut prendre l'appareil. Par suite, tout changement de la verticale se traduit par une variation azimutale de la position d'équilibre, variation dont j'ai donné la loi quantitative. Réciproquement, toute oscillation azimutale entraîne une oscillation pendulaire.

Le couple de torsion mis en jeu par les variations pendulaires est proportionnel au poids supporté par le fil, de sorte qu'avec les fils très fins, utilisant toute leur force portante, ce couple supplémentaire atteint facilement le $\frac{1}{100}$ du couple propre au fil.

2° Pour éliminer, dans les mesures de gravitation, l'erreur résultant de la flexion du fil, j'ai proposé [3] d'opérer, dans les mesures, un *triage* à l'aide d'observations simultanées de la balance de gravitation et d'une seconde balance de torsion servant de sismographe témoin.

Quatre mois d'essais m'ont démontré d'abord les grosses difficultés de ce

(1) Deslandres, *Comptes rendus*, t. CXII, 1891, p. 662.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLVIII, mai 1909, p. 1161.

(3) *Comptes rendus*, t. CXLIX, octobre 1909, p. 700.

triage qui exigerait un double enregistrement photographique continu. De plus, au cours des mesures, je suis arrivé à la conclusion suivante : *Dans une balance de torsion du type Cavendish, il est impossible de connaître à plus du $\frac{1}{1000}$ la valeur du couple antagoniste de la force à mesurer.*

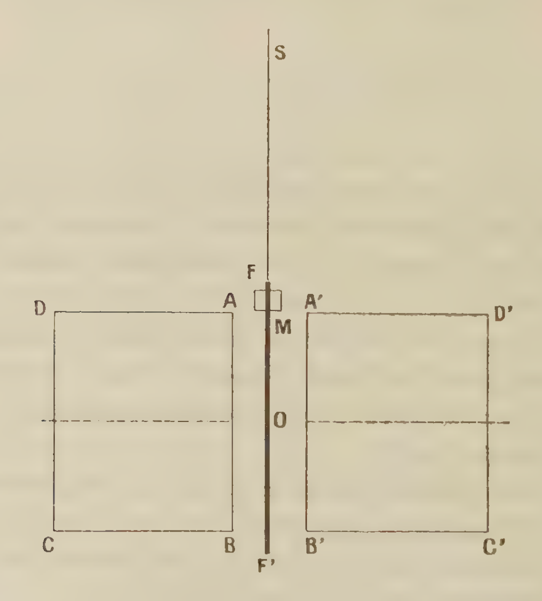
En effet, on admet que ce couple antagoniste est celui du fil de torsion, que l'on mesure par une opération préliminaire, en suspendant des masses de moment d'inertie calculable. Or, en admettant même que, grâce à la symétrie de ces masses, on ait pu opérer cette mesure sur le fil sans flexion (et ce n'est pas en général le cas), on introduit toujours une flexion du fil lorsqu'on substitue le levier de gravitation.

De longs essais, qui seront décrits ailleurs, m'ont démontré qu'il est pratiquement impossible d'arriver à un réglage de la balance du type Cavendish dans lequel on n'ait pas une flexion entraînant un écart GO, du centre de gravité du système à la verticale du point d'attache supérieur du fil, d'un dixième de millimètre.

Or cet écart suffit pour que le couple supplémentaire W_1, qui est de la forme

$$W_1 = P g l \sin\alpha \sin\beta \sin\omega,$$

soit de l'ordre du $\frac{1}{1000}$ du couple de torsion W du fil.



En résumé la balance de Cavendish est soumise non seulement au couple W de torsion propre du fil, mais à un couple supplémentaire W_1 résultant de la flexion du fil. Et l'on ne peut connaître ni la valeur absolue de W, ni la position initiale correspondant à $\omega = 0$.

L'ensemble de ces constatations m'a amené à imaginer une méthode nouvelle pour l'étude de la gravitation. Cette méthode utilise justement la

flexion du fil de torsion et se trouve ainsi à l'abri des inconvénients de la balance de Cavendish. En voici le principe.

Méthode nouvelle pour l'étude de la gravitation. — Soient deux cylindres creux ABCD, A'B'C'D', dont les axes horizontaux soient en prolongement l'un de l'autre. En remplissant de mercure l'un puis l'autre de ces cylindres, on produira dans la région centrale O de l'intervalle ABA'B' un déplacement de la verticale calculable. Pour 100^{kg} de mercure passant de l'un à l'autre des cylindres et pour un intervalle entre eux égal à 1^{cm}, le calcul montre que la verticale varie de près de $\frac{1}{10}$ de seconde.

Disposons entre les deux cylindres un disque circulaire FF' suspendu à un fil métallique fin SF de façon que le centre du disque soit au centre de l'intervalle AA'BB'. Avec un disque plan formé de deux disques minces semblables accolés l'un à l'autre et entre lesquels on pince le fil SF, on arrive facilement à ce que le plan médian soit rigoureusement vertical et contienne la direction SF. Le fil n'a alors aucune flexion appréciable par rapport à ce plan. Mais il en a généralement une par rapport au plan vertical perpendiculaire à celui du disque.

Or cette flexion peut se mesurer et se régler par deux opérations très simples. Le disque porte un petit miroir M dont le plan est perpendiculaire à celui du disque.

Première opération. — On fait passer le mercure d'un cylindre dans l'autre. Le disque tourne azimutalement d'un certain angle. A l'aide d'un contrepoids formé d'un petit vernier se déplaçant à la périphérie du disque, on arrive par tâtonnement à trouver une position pour laquelle on n'a plus aucun déplacement azimutal du disque quand on déplace le mercure.

On est alors sûr qu'il n'y a aucune flexion du fil. On repère la position du vernier et, par réflexion, le plan du miroir M. D'ailleurs toutes les masses suspendues au fil SF ayant des moments d'inertie calculables, une seule mesure de période d'oscillation du système nous donne la valeur du couple W de torsion propre du fil.

Deuxième opération. — Cela fait, on donne au vernier un déplacement angulaire connu; ceci entraîne un déplacement connu du centre de gravité et il en résulte sur le fil un moment de flexion calculable.

De plus l'image réfléchie par le miroir M se déplace et la mesure de ce déplacement permet de contrôler le résultat de ce calcul.

D'autre part, la période d'oscillation du système varie et sa nouvelle valeur permet de calculer le couple supplémentaire W_1 dû à la flexion. D'ailleurs, avec quelques précautions, on arrive facilement à ce que le plan dans lequel se fait la flexion soit très exactement perpendiculaire à celui du disque, de telle sorte que la valeur de l'angle ω est connue pour chaque amplitude d'oscillation.

On a ainsi réalisé un microséismographe, de sensibilité réglable à volonté

et permettant d'ailleurs d'apprécier des variations de la verticale de l'ordre du $\frac{1}{1000}$ de seconde.

Pour mesurer la densité de la Terre il suffit alors de mesurer exactement la déviation provoquée sur l'appareil une fois réglé par le passage du mercure d'un cylindre à l'autre.

Cette méthode a l'avantage de nécessiter la connaissance d'un minimum de constantes.

De plus, l'appareil étant, par construction, un séismographe de sensibilité connue, les variations de la position de son zéro serviront directement à opérer le triage dont j'ai parlé et qui, dans la méthode de la balance de Cavendish, nécessiterait l'emploi d'un séismographe témoin.

Enfin la méthode se prête beaucoup plus simplement aux mesures de gravitation au sein des liquides.

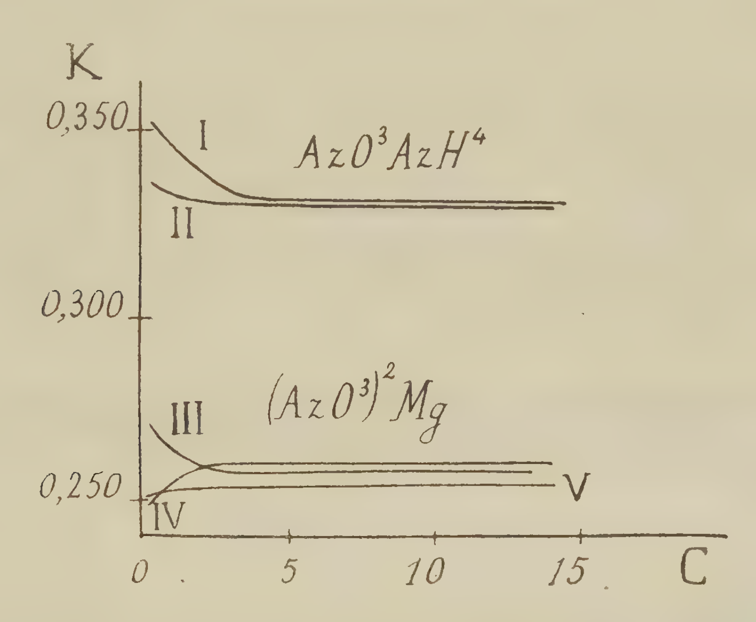
PHYSIQUE. — *Sur les pouvoirs réfringents spécifiques ou les constantes optiques des corps dissous dans des dissolutions très étendues.* Note de M. C. **Chéneveau**, présentée par M. E. Bouty.

Si l'on appelle *pouvoir réfringent spécifique* d'une solution le rapport $\frac{n-1}{d}$ (Gladstone) ou le rapport $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d}$ (Lorentz), n et d étant l'indice de réfraction et la densité de la solution, on peut obtenir directement la valeur de ce pouvoir réfringent par une simple mesure d'indice, faite à l'aide d'un réfractomètre interférentiel. On n'a pas besoin de déterminer la densité, ce qui est particulièrement avantageux dans le cas de dissolutions très étendues. Connaissant ainsi le pouvoir réfringent d'une solution, et admettant que l'action d'une solution sur la lumière est la somme des actions du corps dissous et du solvant occupant le même volume que la solution, on peut en déduire le pouvoir réfringent spécifique ou la constante optique du corps dissous ([1]).

([1]) Dans le cas où l'on utilise la formule de Gladstone, le pouvoir réfringent spécifique du corps dissous est $\frac{n_s-1}{d_s}$, n_s et d_s étant l'indice et la densité du corps dissous. La grandeur $\frac{n_s-1}{C}$ (C, concentration en grammes par litre), que j'ai appelée *constante optique* du corps dissous (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. XII, 1907, p. 298), est le millième du pouvoir réfringent du corps dissous.

J'ai appliqué cette méthode à un certain nombre de solutions aqueuses très étendues de KCl, AzO^3AzH^4 et $(AzO^3)^2Mg$. A cet effet, les deux cuves d'un réfractomètre interférentiel étaient initialement remplies d'eau et l'on ajoutait à l'eau d'une des cuves, centimètre cube par centimètre cube, une solution type du sel étudié, de composition chimique bien connue.

Si l'on admet que la température est la même dans les deux cuves, on obtient le résnltat suivant (courbes I, III, IV) : le pouvoir réfringent est à peu près constant, sauf aux extrêmes dilutions où il varie très rapidement.



Ce fait est bien celui observé par Dijken [1]. Cependant l'ionisation des solutions étant commencée depuis longtemps, cet effet ne peut lui être attribué; d'ailleurs deux expériences successives faites avec un même sel peuvent aussi bien donner une courbe ascendante qu'une courbe descendante (courbes III et IV). Il ne paraît donc pas y avoir là d'erreur systématique. Je vais montrer que *l'erreur est due à l'influence de la température qui n'est, en général, jamais la même dans les deux cuves* [2].

Appelons t et t' les températures mesurées, à chaque expérience, dans les deux cuves

---

(1) Dijken, *Z. f. ph. Ch.*, t. XXIV, 1897, p. 81.

(2) Sur 63 expériences, 11 seulement ont donné une même température pour les cuves.

contenant l'eau et la solution, à l'aide de thermomètres très précis ; ces températures diffèrent en général d'une quantité $\pm\theta$. La différence des indices de la solution et de l'eau, qu'on croît être $n_{t'} - n_{0_{t'}}$, n'est en réalité, par l'observation du déplacement δ des franges ou du compensateur, que $n_{t'} - n_{0_t}$. De cette différence réellement observée, nous pouvons déduire la différence d'indices qui doit être considérée comme exacte. Admettons en première approximation, largement suffisante pour de petites limites, que l'indice de réfraction de l'eau est une fonction linéaire de la température, c'est-à-dire que

$$n_{0_t} = n_{0_{t'}}[1 - a(t - t')] = n_{0_{t'}}(1 \mp a\theta);$$

on a alors

$$n_{t'} - n_{0_{t'}} = n_{t'} - n_{0_t} \mp a\theta = k\delta \mp n_{0_{t'}} a\theta \quad (^1).$$

La quantité $n_{0_{t'}} a\theta$ représente donc la correction de température (²). En faisant cette correction, on voit que l'anomalie observée au début des courbes I, III et IV disparaît presque complètement; c'est ce que montrent les courbes II et V.

Les limites des différences de température θ entre les deux cuves ont été, dans mes mesures, $-0°,08$ et $+0°,08$; les concentrations ont varié de $0^g,5$ à 16^g de sel par litre de dissolution. On s'explique d'ailleurs très bien que l'erreur due à la température n'ait plus d'influence sensible sur des solutions de concentration suffisamment élevée et que les résultats, non corrigés, puissent s'inverser, au début, suivant le sens de la différence de température.

Le Tableau suivant donne une idée des écarts pour 100 qui existent entre les pouvoirs réfringents déduits des deux solutions extrêmes d'une même série lorsqu'on applique ou non la correction :

	K Cl.		AzO^3AzH^4.		$(AzO^3)^2Mg$.	
	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Sans correction...	−6,7	−5,1	+6,1	−1,3	−4,6	+4,9
Avec correction...	−4,6	−1,5	+1,6	+1,3	+1,2	−2,8

Étant donnée la difficulté d'obtenir en valeur absolue, dans les conditions où j'opérais, une correction qui ne dépend que d'une différence de température de quelques centièmes de degré, on peut dire qu'après correction les écarts sont certainement de l'ordre de grandeur des erreurs d'expérience et n'ont aucun caractère systématique.

Si l'on tient compte de cette action de la température, on arrive alors aux résultats suivants pour les pouvoirs réfringents des sels étudiés qui sont

(¹) Dans mes expériences, $a = 0,000085$; $k = 2^{\mu},356$.

(²) En réalité, si l'on ramène les expériences *à une même température*, il faut encore tenir compte de la petite différence qui existe entre la variation de l'indice de l'eau et celle de l'indice de la solution avec la température.

comparés, dans le Tableau ci-dessous, aux résultats que j'avais obtenus avec le réfractomètre de Féry :

Corps.	K. Réfractomètre interférentiel.	K. Réfractomètre de Féry.	Différence pour 100.
KCl	0,2600 (19 exp.)	0,2544 (10 exp.)	+2,2
AzO^3AzH^4	0,3309 (24 »)	0,3214 (6 »)	+2,9
$(AzO^3)^2Mg$	0,2533 (16 »)	0,2449 (12 »)	+3,3

De ces résultats on peut donc conclure que *l'ionisation ne paraît pas avoir d'influence sensible sur le pouvoir réfringent ou la constante optique d'un corps dissous dans des solutions dont les concentrations sont supérieures à* $0^g,5$ *par litre*.

Une autre conséquence s'en dégage également, *très importante au point de vue de la construction des réfractomètres interférentiels*. Il faut absolument assurer l'égalité de température des deux cuves et, par exemple, les envelopper d'un manchon d'eau courante ou les rendre concentriques; sans cela les expériences faites avec des dissolutions extrêmement diluées peuvent devenir illusoires.

PHYSIQUE. — *Sur le parcours des projections radioactives*. Note de M. **Louis Wertenstein**, présentée par M. P. Villard.

La projection d'une matière radioactive par sa substance mère est un phénomène qui accompagne toutes les transformations radioactives où les particules α sont émises, ainsi que l'ont montré Hahn et Elise Meitner (¹). Ce phénomène résulte probablement du fait de l'impulsion de recul subie par l'atome radioactif lors de l'émission d'une particule α. Pour le cas particulier des transformations de la série du radium, les expériences de Russ et Makower (²), faites dans le vide, ont montré qu'il s'agit bien là d'une projection, car le chemin des particules est rectiligne.

On sait que les particules α possèdent la propriété de se propager en ligne droite sensiblement jusqu'au point où elles s'arrêtent en parcourant un chemin bien déterminé pour chaque espèce de particules α. Je me suis proposé de chercher, en me bornant au cas de la projection du radium B par le radium A, si la projection ne présente pas un caractère analogue; si, en

(¹) *Verhandlungen d. d. phys. Ges.*, t. XI, p. 55-62.

(²) *Radium*, juin 1909.

d'autres termes, les particules projetées n'auraient pas un parcours bien déterminé.

Les expériences de Debierne ([1]) ont déjà montré que le parcours, s'il y en avait un, était sûrement inférieur à 1^{mm}, à la pression atmosphérique. En opérant sous des pressions plus basses, j'ai pu me convaincre de l'existence d'un parcours défini et mesurer sa grandeur.

Une lame posée en face d'une autre lame, portant du radium A, reçoit, pendant la période de transformation de ce dernier, une certaine quantité de radium B. Cette activation peut être due soit à la projection directe, soit à la diffusion et à l'attraction électrique des particules émises et arrêtées par le gaz. J'ai cherché à éliminer ces derniers effets. Pour cela j'ai profité du fait que le radium B projeté se comporte comme un corps chargé positivement. Une forte électrisation de même sens de la lame à étudier devrait donc en écarter toutes les particules qui n'arrivent pas avec une vitesse suffisante.

Voici maintenant en quoi consistaient mes expériences.

Un disque de laiton de 25^{mm} de diamètre était activé pendant 6 minutes par l'émanation du radium. On le retirait au temps que j'appelle zéro. On le chauffait pendant 10 secondes dans l'air chaud de la flamme de Bunsen. On mesurait son activité au temps $1^{m}15^{s}$. Au temps $2^{m}30^{s}$ le disque était transporté dans une petite cloche, où était fixé un autre disque à distances variables du premier. La communication avec un grand réservoir vide permettait d'atteindre rapidement des pressions voulues. Un champ électrique fort était établi entre deux disques dans le sens indiqué plus haut. Au temps $8^{m}30^{s}$ on ouvrait la cloche, on retirait avec précaution les deux disques et l'on mesurait leur activité.

J'ai cherché à déterminer comment variait, sous différentes pressions, l'activité reçue par le deuxième disque, en fonction de sa distance du premier disque.

Les courbes de cette activité peuvent être identifiées avec celle du radium B. Dans le Tableau ci-dessous sont représentés les rapports de l'ordonnée maximum de la courbe à l'activité du premier disque, mesurée au temps $1^{m}15^{s}$. On vérifiait que cette activité était sensiblement proportionnelle à la quantité du radium A effectivement présente sur le premier disque, en mesurant à nouveau son activité au temps 30 minutes.

Voici les résultats obtenus :

Pression 13^{mm}.

Distance en millimètres	0	2	3	4	5	6	7
Activité relative en millièmes..	8,7	6,2	4,1	2,8	1,8	0,15	très faible

Pression 20^{mm}.

Distance en millimètres	0	2	3	4	5
Activité relative en millièmes..	8,7	4,7	2,2	0,9	très faible

([1]) *Radium*, mars 1909.

Pression 26mm.

Distance en millimètres.......	0	2	3	4
Activité relative.............	8,7	3,5	1,3	0

Distance constante 2mm.

Pression en millimètres......	0	13	20	26	36	54
Activité relative............	8,7	6,2	4,7	3,5	1,8	0

Les nombres indiqués sont des moyennes d'un grand nombre d'expériences, qui pour chaque cas présentent toutefois, surtout à grande distance, des écarts assez sensibles que j'espère pouvoir expliquer bientôt.

Les quatre séries de mesures ont été faites en employant des différences de potentiel comprises entre 20 et 170 volts. La variation du potentiel s'est montrée sans influence sur les résultats.

Les nombres correspondant à la distance zéro ou à une pression nulle représentent l'activité relative totale pouvant être recueillie par projection. Pour déterminer celle-ci on renversait le champ. Dans ces conditions, le deuxième disque recevait non seulement les particules venant le frapper directement, mais aussi les particules arrêtées par l'air.

Les nombres obtenus représentés graphiquement donnent des droites. Les trois premières coupent l'axe des abscisses respectivement aux distances de 6mm,2; 4mm,3; 3mm,5. La quatrième coupe l'axe des abscisses à une distance qui correspond à une pression de 45mm (les activités sont les ordonnées).

Ces résultats s'interprètent le plus simplement en supposant que les particules du radium B projeté ont un parcours bien déterminé, et que ce parcours est représenté pour chaque pression par la distance où la droite coupe l'axe des abscisses, et qu'il est égal à 2mm sous la pression de 45mm.

En effet, si nous décrivons un hémisphère de rayon égal au parcours présumé, et si nous faisons l'hypothèse que la projection par une source placée au centre est la même dans tous les sens, une lame coupant la sphère recevra une quantité de radium B, proportionnelle à la surface et par conséquent à la hauteur du segment.

On obtiendrait ainsi pour le produit du parcours par la pression les nombres 81, 88, 90, 90.

D'où résulterait que le parcours est inversement proportionnel à la pression.

Il semble donc que pareillement aux particules α, les particules d'activité

projetée vont en ligne droite jusqu'au point où elles s'arrêtent, ou que tout au moins la région, où au régime ordonné des vitesses de projection succède le régime désordonné des vitesses de diffusion, est relativement très peu importante.

Il résulterait de ces expériences une valeur de $0^{mm},1$ pour le parcours à la pression normale, ce qui correspond à une pénétrabilité 400 fois plus faible que celle des rayons α du radium A. Ainsi les feuilles en or battu de $0^{\mu},08$ arrêtent complètement les particules. Des essais sont en train pour préparer des membranes solides pouvant être traversées par les particules et aussi pour déterminer le parcours avec une précision plus grande.

Remarque. — Le rapport de l'activité projetée à celle qui devrait être projetée théoriquement, si l'on admettait que la projection doit avoir lieu pour chaque atome de radium A transformé, varie entre 75 et 80 pour 100. Pour déterminer ce nombre, on activait le premier disque pendant un temps très court de 15 à 30 secondes, de manière à n'avoir que du radium A. Du rapport de l'activité projetée à celle qui reste sur le premier disque on peut déduire, par un calcul facile, le nombre cherché.

CHIMIE MINÉRALE. — *Réduction des chlorures de bore et d'arsenic par l'hydrogène sous l'influence de l'effluve électrique.* Note [1] de MM. **A. Besson** et **L. Fournier**, présentée par M. Troost.

Dans une précédente Communication [2] nous avons montré que le trichlorure de phosphore, PCl^3, était réduit par l'hydrogène sous l'action de l'effluve électrique avec formation du bichlorure P^2Cl^4; nous avons étendu cette étude à d'autres chlorures.

Chlorure d'arsenic $AsCl^3$. — Quand on entraîne des vapeurs de $AsCl^3$ par de l'hydrogène à travers un tube à effluves en activité, on voit apparaître aussitôt sur les armatures un dépôt brun qui devient miroitant au bout d'un certain laps de temps et ne tarde pas à revêtir toutes les parois du tube, en formant une couche continue. Le dépôt, qui, au premier abord, paraît être de l'arsenic, étant isolé, lavé avec CCl^4 sec, et desséché à 100° dans le vide, se présente sous forme d'un mélange de lamelles miroitantes et de poudre noire; soumis à l'analyse, il se montre formé en majeure partie par de l'arsenic (89,8 à 90,7 pour 100), mais il renferme toujours une notable quantité de chlore (7,8 à 7,9 pour 100), et pas d'hydrogène; ces pourcentages correspondraient sensiblement à la formule $As^{11}Cl$, mais aucun caractère ne permet d'affirmer qu'on a affaire à un composé défini ou à un mélange d'arsenic et d'un chlorure con-

(1) Présentée dans la séance du 21 mars 1910.

(2) *Comptes rendus*, 10 janvier 1910.

densé. Il est à remarquer cependant que trois préparations successives nous ont donné des produits de composition à peu près identique. Il nous paraît hors de doute, en tous cas, que ce corps renferme un chlorure autre que $AsCl^3$, car ce dernier est très soluble dans CCl^4 et malgré un épuisememt prolongé au Soxhlet, la teneur en chlore n'a pas sensiblement varié; la présence d'un peu d'oxychlorure d'arsenic ne nous paraît pas probable non plus, car celui-ci est très soluble dans $AsCl^3$, et l'épuisement prolongé du produit en vase clos vide d'air par $AsCl^3$ n'a pas modifié sensiblement sa composition. Si l'on chauffe ce corps progressivement dans le vide jusqu'à 400°-500°, on voit bientôt distiller quelques gouttes liquides que nous avons pu caractériser comme étant $AsCl^3$, puis il se forme un sublimé d'apparence métallique qui est de l'arsenic ne renfermant plus que des traces de Cl. Il semble donc que, sous l'action de la chaleur, le sous-chlorure d'arsenic présumé se décompose en $As + AsCl^3$.

Chlorure de bore BCl^3. — Les vapeurs de chlorure de bore pur ne semblent pas réduites par l'hydrogène sous l'action de l'effluve *proprement dite* (distance des armatures 3^{mm} à 5^{mm}), mais le mélange de ce gaz et de cette vapeur paraît doué d'une grande conductibilité électrique, de telle sorte que, si la disposition de l'appareil le permet, il éclate des étincelles fulgurantes de plusieurs centimètres de longueur avec un bruit strident qui rappelle la grêle frappant un vitrage, en même temps les tubes chauffent beaucoup, et c'est à cette cause que nous attribuons la rupture fréquente de nos appareils dans cette expérience. Dans la région sillonnée par les grandes étincelles, soit, dans nos appareils, entre l'extrémité inférieure du tube central et les parties plus éloignées du tube concentrique, et là exclusivement, on voit se former un dépôt d'un corps solide. Dans nos premières expériences, nous n'avions pas pris de précautions spéciales au point de vue de la pureté des réactifs; le chlorure de bore, préparé par nous, avait été simplement rectifié, et l'hydrogène, préparé par du zinc réputé dépourvu d'arsenic et de l'acide chlorhydrique pur. Le dépôt de couleur jaune brun obtenu était très altérable à l'air et se décomposait partiellement avec effervescence au contact de l'eau en donnant un gaz combustible qui paraissait renfermer de l'hydrure de bore (odeur de choux pourris, coloration verte de la flamme). La solution aqueuse fortement réductrice renfermait, outre de l'acide borique, une notable quantité d'acide chlorhydrique, ainsi que du phosphore et un peu d'arsenic. N'ayant pu fixer exactement la nature du ou des corps ainsi formés, nous avons recherché l'origine des impuretés et évité leur présence; pour l'arsenic, la cause était facile à trouver dans le zinc employé, et nous pûmes l'éviter en employant une autre qualité de ce métal et en vérifiant qu'il ne renfermait pas pratiquement d'arsenic. Quant au phosphore, nous reconnûmes que c'était notre chlorure de bore qui en renfermait de petites quantités et nous l'éloignâmes par plusieurs fractionnements au tube Otto à 5 boules. (Le bore qui nous a servi avait été préparé par un procédé modificatif de celui de Moissan, par *magnésiumthermie :* un mélange intime de 4 parties d'anhydride borique pulvérisée et de 3 parties de magnésium en poudre est tassé dans un creuset de terre et l'on y met le feu au moyen d'une cartouche de $BaO^2 + Mg$ en poudre et un ruban de magnésium; la réaction amorcée se produit paisiblement et le produit refroidi est mis à bouillir avec HCl, jeté sur un filtre et lavé à l'eau bouillante; le phosphore provenait sans doute du magnésium employé ou de la réduction des phosphates dans les parois du creuset de terre.)

Dans ces conditions, le phénomène présente la même apparence, mais les dépôts de couleur gris brun sont formés de bore amorphe à peu près pur; sans action sur l'eau, ils ne renferment plus de chlore, à peine une trace de phosphore et d'arsenic. On en conclut que BCl^3 est réduit par l'hydrogène sous l'action des étincelles électriques, avec mise en liberté de bore; quoiqu'ayant opéré sur 1^{kg} de BCl^3 environ, nous n'avons pas pu reconnaître la formation de sous-chlorure.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les étholides des Conifères. Acides junipérique et sabinique.* Note de M. J. **Bougault**, présentée par M. A. Haller.

Dans un travail, publié en collaboration avec M. Bourdier [1], nous avons montré que les acides junipérique et sabinique, obtenus par saponification de certains étholides [2] retirés des cires de Conifères, sont des acides-alcools de formule $C^{16}H^{32}O^3$ et $C^{12}H^{24}O^3$, isomères par conséquent des acides oxypalmitiques et oxylauriques.

J'ai réussi depuis à fixer leur constitution d'une façon certaine comme je vais l'exposer dans la présente Note.

Je me suis proposé tout d'abord de rechercher s'ils sont réellement des acides oxypalmitique et oxylaurique. Pour résoudre cette question, j'ai transformé les acides junipérique et sabinique en leurs éthers iodhydriques $C^{16}H^{31}IO^2$ et $C^{12}H^{23}IO^2$, par l'action de l'iode et du phosphore; puis j'ai réduit ces éthers iodhydriques par le zinc en liqueur acétique. J'ai obtenu ainsi des acides que j'ai pu identifier, respectivement, avec les acides palmitique et laurique.

Les acides junipérique et sabinique sont donc bien des acides-alcools dérivés des acides palmitique et laurique.

Restait à fixer la place de l'oxhydrile dans la formule de constitution. Ce résultat a été atteint en ayant recours à l'oxydation chromique en milieu acétique. J'ai obtenu, avec l'acide junipérique, un acide bibasique de formule $C^{16}H^{30}O^4$, fondant à 124°, et, avec l'acide sabinique, un acide bibasique de formule $C^{12}H^{22}O^4$, fondant à 127°.

On voit que, dans les deux cas, les acides bibasiques ont conservé le

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXLVII, 1908, p. 1311. — Pour plus de détails, voir *Journ. de Pharm. et de Chim.*, 6e série, t. XXIX, p. 561, et t. XXX, 1909, p. 10.

[2] Je rappelle que nous avons désigné sous le nom d'*étholides* des principes immédiats naturels, très répandus chez les Conifères, et qui sont formés par la combinaison d'un certain nombre de molécules d'acides-alcools unis par éthérification.

même nombre d'atomes de carbone que l'acide-alcool dont ils dérivent; on en conclut immédiatement que la fonction alcool est primaire dans les deux oxyacides considérés. Et comme, d'autre part, ils ont une chaîne normale, fait démontré par leur transformation en acides palmitique et laurique, ils ont nécessairement la constitution exprimée par les formules suivantes :

Acide junipérique......... $CH^2OH-(CH^2)^{14}-CO^2H$
Acide sabinique.......... $CH^2OH-(CH^2)^{10}-CO^2H$

Les acides bibasiques, résultant de leur oxydation, sont évidemment

(I) $$CO^2H-(CH^2)^{14}-CO^2H$$

et

(II) $$CO^2H-(CH^2)^{10}-CO^2H.$$

Ces deux acides ont déjà été signalés.

L'acide décaméthylène-dicarbonique (II) a été obtenu par Nördlinger (1) par action du cyanure de potassium sur l'éther 11-bromoundécylique $CH^2Br-(CH^2)^9-CO^2C^2H^5$, et saponification du nitrile formé. Il fond à 126°,5-127° comme l'acide bibasique dérivé de l'acide sabinique.

Les acides des deux origines, ayant été préparés par des procédés qui conduisent nécessairement à la même formule de constitution, sont évidemment identiques.

L'acide tétradécaméthylène-dicarbonique (I), dérivé de l'acide junipérique, s'est trouvé également identique à un acide déjà signalé, l'acide thapsique, $C^{16}H^{30}O^4$, retiré par F. Canzoneri de la résine extraite de la racine du *Thapsia Garganica* L. (2). Mais ici l'identité ne s'imposait pas, car la constitution de l'acide thapsique n'avait jamais été élucidée.

Pour décider des relations entre ces deux acides, j'ai été conduit à préparer de l'acide thapsique avec la résine de Thapsia (3). La comparaison de cet acide thapsique avec l'acide bibasique obtenu de l'acide junipérique permet d'affirmer leur identité. Par là, se trouve établie la formule de constitution de l'acide thapsique; c'est l'acide tétradécaméthylène-dicarbonique (I).

---

(1) *Ber. d. d. chem. Gesell.*, t. XXIII, 1890, p. 2357.

(2) *Gaz. chim. ital.*, t. XIII, 1883, p. 514.

(3) J'adresse ici mes remercîments à M. le professeur Bourquelot qui m'a obligeamment offert cette résine.

Je signale brièvement quelques composés nouveaux, préparés au cours de ce travail :

Éther iodhydrique de l'acide junipérique ou acide 16-iodopalmitique

$$CH^2I.(CH^2)^{14}.CO^2H.$$

— Cristaux incolores, fondant à 76°. Peu soluble dans l'alcool froid, très soluble à chaud. Sels alcalins solubles dans l'eau chaude, peu solubles à froid.

Éther iodhydrique de l'acide sabinique ou acide 12-iodolaurique

$$CH^2I.(CH^2)^{10}.CO^2H.$$

— Cristaux incolores, fondant à 63°-64°. En général, plus soluble que le composé précédent.

Éther diéthylique de l'acide thapsique $C^2H^5O^2C.(CH^2)^{14}.CO^2C^2H^5$. — Cristaux incolores, fusibles à 39°, très solubles dans l'éther et l'alcool, assez solubles dans l'éther de pétrole.

Conclusions. — J'ai fixé les formules de constitution de l'acide junipérique ou 16-oxypalmitique $CH^2OH.(CH^2)^{14}.CO^2H$, de l'acide sabinique ou 12-oxylaurique $CH^2OH.(CH^2)^{10}.CO^2H$ et, incidemment, celle de l'acide thapsique $CO^2H.(CH^2)^{14}.CO^2H$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques composés organiques spontanément oxydables avec phosphorescence.* Note de M. **Marcel Delépine**, présentée par M. A. Haller.

Lors de mes recherches sur les éthers thiosulfocarbamiques et imidodithiocarboniques [1], j'avais eu l'intention d'étudier quelques éthers sulfocarbamiques $(R_1R_2)N.CS.OR_3$. J'avais même préparé le plus simple d'entre eux $(CH^3)^2N.CS.OCH^3$, par action de la diméthylamine sur les éthers thiosulfocarboniques $CH^3S.CS.OCH^3$ et $C^2H^5S.CS.OCH^3$ [2]. En manipulant ces trois composés sulfurés, j'avais fait une observation bien singulière : ils émettaient dans l'obscurité des vapeurs très lumineuses, avec une odeur ozonée. Mais, circonstance vraiment déplorable, je constatai que l'iodure de méthyle qui avait servi à faire l'un des éthers thiosulfocarboniques contenait du phosphore blanc, ce qui me fit abandonner mes investigations.

---

(1) M. Delépine, *Ann. de Chim. et de Phys.* 7e série, t. XXIX, 1903, p. 90.

(2) Cf. *Dictionnaire de Wurtz*, à l'article *Thiocarbamiques*, 2e suppl., t. VII, p. 786.

Ayant eu dernièrement l'intention de compléter les essais suspendus, il y a 7 ans, et ayant employé du sulfate de méthyle au lieu d'iodure, je fus bien surpris de constater que les éthers thiosulfocarboniques préparés à nouveau fumaient à l'air et que les fumées étaient lumineuses dans l'obscurité. La présence du phosphore blanc dans un iodure de méthyle mal préparé n'avait donc été qu'une coïncidence fâcheuse.

Je rappelle que les éthers thiosulfocarboniques se font régulièrement par les réactions successives

$$R.ONa + CS^2 = NaS.CS.OR \quad \text{et} \quad NaS.CS.OR + R'X = XNa + R'S.CS.OR.$$

Or, pour faire par exemple, $CH^3S.CS.OCH^3$, j'ai pu prendre comme éther minéral CH^3I, $(CH^3)^2SO^4$, CH^3NO^3; comme sulfure de carbone, du sulfure pur du commerce digéré ou non sur du mercure, ou ce sulfure traité par un peu de brome, d'iode, ou régénéré d'un xanthate de potassium cristallisé $C^2H^5O.CS^2K$; le méthylate a pu être fait avec du sodium et de l'alcool méthylique de l'oxalate ou de l'alcool pur du commerce, ou être remplacé par une solution méthylique de soude ou de potasse. Dans tous les cas, le composé fumait à l'air et luisait dans l'obscurité. Il en a été de même pour cet éther fait par action de l'iode sur le méthylxanthate de sodium. D'autres éthers, comme $CH^3S.CS.OC^3H^7$, $C^2H^5S.CS.OCH^3$ ont été préparés avec les alcoolates correspondants, du sulfure de carbone régénéré d'un sulfocarbonate de potassium et les sulfates de méthyle et d'éthyle. Ils luisent aussi. Ces détails écartent toute hypothèse d'introduction de phosphore blanc; toutes mes tentatives pour trouver du phosphore ont d'ailleurs échoué.

J'ai constaté que les éthers (connus ou inconnus)

$$CS\begin{matrix}\diagup OCH^3\\ \diagdown SCH^3\end{matrix},\quad CS\begin{matrix}\diagup OC^2H^5\\ \diagdown SCH^3\end{matrix},\quad CS\begin{matrix}\diagup OCH^3\\ \diagdown SC^2H^5\end{matrix},\quad CS\begin{matrix}\diagup OC^3H^7\\ \diagdown SCH^3\end{matrix},\quad CS\begin{matrix}\diagup OC^2H^5\\ \diagdown SC^2H^5\end{matrix},\quad CS\begin{matrix}\diagup OCH^3\\ \diagdown SC^3H^7\end{matrix},$$

luisaient à des degrés divers, dans l'ordre décroissant, en allant du premier au dernier. La durée suit un ordre inverse pour une même quantité, ce que l'on conçoit, puisqu'elle est corrélative de l'évaporation du produit et que les points d'ébullition sont respectivement 167°, 184°, 184°, 201°-203°, 200° et 201-203°; la phosphorescence dure tant qu'il y a de la substance; l'échauffement des derniers composés la rend manifestement plus visible. De deux isomères, c'est celui qui possède le SR le plus petit qui luit le mieux; ainsi $CH^3S.CS.OC^3H^7$ luit incomparablement plus fort que $C^3H^7S.CS.OCH^3$. Le premier terme $CH^3S.CS.OCH^3$, sous l'influence d'une active insufflation, forme aisément des nuages lumineux d'un demi-mètre de dimension, dans lesquels on distingue nettement le contour des objets.

Voilà donc une famille de composés organiques, les *éthers thiosulfocarboniques*, dont les vapeurs sont spontanément phosphorescentes dans l'air.

Ce n'est pas tout; les éthers *sulfocarbamiques*

$$CS\begin{matrix}\diagup N(CH^3)^2\\ \diagdown O\,CH^3\end{matrix},\quad CS\begin{matrix}\diagup N(CH^3)^2\\ \diagdown O\,C^2H^5\end{matrix},\quad CS\begin{matrix}\diagup N(C^2H^5)^2\\ \diagdown O\,CH^3\end{matrix},\quad CS\begin{matrix}\diagup N(C^2H^5)^2\\ \diagdown O\,C^2H^5\end{matrix},$$

bouillant respectivement à 193°, 206°, 210° et 224°-225°, émettent à l'air, à la température ordinaire, des vapeurs qui s'opacifient encore plus fortement que celles des éthers thiosulfocarboniques et qui luisent aussi dans l'obscurité avec une intensité décroissante par rapport à l'ordre précédemment écrit. Et cela qu'ils aient été préparés par l'une ou l'autre des réactions :

$$RS.CS.OR_1 + (R_2R_3)NH = RSH + (R_2R_3)N.CS.OR_1,$$
$$(R_2R_3)N.CSCl + NaOR_1 = ClNa + (R_2R_3)N.CS.OR_1,$$
$$[(R_2R_3)N.CS]^2S + NaOR_1 = (R_2R_3)N.CS^2Na + (R_2R_3)N.CS.OR_1,$$

dont les dernières écartent l'hypothèse qu'un peu d'éther thiosulfocarbonique soit resté indécomposé si l'on a opéré suivant la première. D'ailleurs, le composé $(CH^3)^2N.CS.OCH^3$, à vapeurs à peu près aussi lumineuses que celles de $CH^3S.CS.OC^2H^5$, a pu être préparé avec la diméthylamine et l'éther $C^3H^7S.CS.OCH^3$ dont la luminosité n'est discernable qu'après un séjour prolongé dans la chambre noire.

Si l'on compare les formules $RS.CS.OR_1$ et $(R_2R_3)N.CS.OR_1$, on constate qu'elles n'ont de commun que $-CS.OR_1$; il était donc logique de penser que les *éthers sulfocarboniques* $CS(OR)^2$ seraient aussi phosphorescents. En fait, l'éther $CS(OCH^3)^2$ préparé avec le thiophosgène $CSCl^2$ et le méthylate de sodium a fourni des vapeurs fortement lumineuses; l'homologue $CS(OC^2H^5)^2$ n'a présenté qu'une phosphorescence douteuse.

Ces phosphorescences ont leur source dans une *oxydation*. Le nuage blanc, opaque, formé par les éthers thiosulfocarboniques, nuage qu'il est *extraordinairement* difficile de condenser, contient de l'acide sulfurique; il ne se forme pas dans l'hydrogène, le gaz carbonique, mais se manifeste au moment où ces gaz chargés des vapeurs organiques se répandent dans l'air; un espace vide d'air, puis rempli de vapeur d'éther $CS(SCH^3)(OCH^3)$, s'illumine au moment où l'air rentre, etc. Je me propose d'examiner d'un peu près quelques circonstances de ces phosphorescences dont une des conditions me paraît être un grand excès d'oxygène.

En résumé, j'ai fait connaître dans cette Note onze cas de phosphorescence qui offrent l'intérêt de se rattacher à la présence dans une molécule organique d'un groupement atomique constant $-C\begin{matrix}\diagup\!\!\diagup S\\ \diagdown O-\end{matrix}$.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la recherche de l'hexaméthylène-tétramine dans les moûts et les vins.* Note de M. E. **Voisenet**, présentée par M. Armand Gautier.

Depuis quelque temps on signale l'emploi de l'hexaméthylène-tétramine ou urotropine, comme agent désulfiteur des moûts et des vins. Cet usage est illicite d'abord, parce que ce composé, considéré isolément, devient ainsi une source d'aldéhyde formique; l'acidité relativement faible du moût ou du vin suffisant à provoquer le dédoublement de l'hexaméthylène-tétramine en ses constituants, formaldéhyde et ammoniaque. D'autre part, l'ingestion d'urotropine, à doses même faibles, mais renouvelées, peut occasionner des accidents. Enfin, l'aldéhyde formique, au fur et à mesure de sa formation, se combine rapidement à l'acide sulfureux des vins sulfités, en donnant une combinaison suffisamment stable pour masquer au dosage une grande partie de cet antiseptique, quelle que soit la méthode employée.

Ce sont en général les vins blancs, contenant une notable quantité de matières sucrées, qui, après avoir été mutés au soufre d'une façon souvent inconsidérée, sont ainsi désulfités et ramenés en apparence à la dose légale d'acide sulfureux, soit 350^{mg} de SO^2 total par litre. Le fait se présente plus rarement pour les vins rouges, en raison de la dépréciation que subit leur couleur par la pratique du mutage sulfitique. Cette désulfitation s'opère aussi sur les moûts, lesquels peuvent alors entrer en fermentation sans le concours de la chaleur qui donne toujours un goût spécial aux vins mi-fermentés obtenus.

Les méthodes de recherche de l'hexaméthylène-tétramine sont fondées sur la régénération de la formaldéhyde constituante, suivie de sa reconnaissance. Indépendamment des procédés officiels, d'autres moyens ont été préconisés, en particulier ceux basés sur l'emploi du bisulfite de rosaniline (réactif des aldéhydes), par essai direct sur le vin fortement acidifié, ou par essai après distillation du liquide acidulé par l'acide sulfurique; si le vin a été additionné d'urotropine, le réactif se colore en violet.

Ces deux essais sont fondés sur une réaction qui n'est pas spécifique pour la formaldéhyde : le bisulfite de rosaniline est en effet un réactif de classe, et toutes les aldéhydes colorent ses solutions acides en violet. Or, des aldéhydes diverses existent dans tous les vins, notamment de l'aldéhyde acétique, surtout dans les vins vieux, où l'on peut rencontrer plusieurs centaines de

milligrammes d'éthanal par litre, ainsi qu'il résulte des récentes recherches de M. Trillat : en particulier les vins blancs du Sauternois rentrent dans cette catégorie. Il s'ensuit qu'on s'exposerait, à l'aide de la coloration violette du réactif à la rosaline, à conclure à la présence du formol ou de l'urotropine.

Pour rechercher et reconnaître sûrement l'hexaméthylène-tétramine dans les moûts ou les vins, il n'est qu'une méthode pratique fondée sur la facile décomposition de cette substance par les acides, même diluées, avec régénération de la formaldéhyde que l'on sépare par distillation et caractérise ensuite colorimétriquement. Mais, pour appliquer cette méthode dans les circonstances actuelles, il est nécessaire de tenir compte de plusieurs conditions. En effet :

1° La plupart des réactions colorées employées pour caractériser l'aldéhyde formique sont basées sur sa facile condensation avec d'autres substances, suivie de l'oxydation du produit formé, ce qui fournit une matière colorante plus ou moins sensible à l'action des réducteurs, en particulier de l'acide sulfureux qui, dans le cas d'un vin muté au soufre, accompagne toujours la formaldéhyde.

2° De l'aldéhyde formique prend naissance dans l'action des acides, même très dilués, sur les solutions sucrées chaudes, et la quantité est fonction de la température et de la richesse de la solution en acide et en substance sucrée.

Pour ces raisons, il faut pouvoir caractériser la formaldéhyde dans les premiers fractionnements en employant une réaction colorée qui ne soit pas trop influencée par l'acide sulfureux, et ne pas aciduler le vin à l'excès, pour éviter la formation de formaldéhyde étrangère, surtout dans le cas de vins sucrés. Enfin cette réaction colorée devra être spécifique.

Une telle réaction, dont j'ai fait antérieurement l'étude (¹), consiste dans l'obtention d'une matière colorante violette, lorsqu'on traite une substance albuminoïde par l'acide chlorhydrique légèrement nitreux en présence de traces d'aldéhyde formique, réaction dont la sensibilité atteint $\frac{1}{10\,000\,000}$. Dans les mêmes circonstances, les autres aldéhydes grasses donnent des réactions incolores ou de colorations distinctes.

Pour appliquer cette réaction on se procure les réactifs suivants :

Réactif chlorhydrique nitreux. — On l'obtient en ajoutant à 200^{cm^3} d'acide chlorhydrique pur et concentré ($d = 1,18$), $\frac{1}{10}$ de centimètre cube d'une solution d'azotite de potasse pur à $3^g,6$ pour 100.

(¹) *Bull. Soc. chim.*, t. XXXIII, 1905, p. 1198.

Réactif albumineux. — On doit le préparer en prenant un blanc d'œuf qu'on bat avec 5^{cm^3} à 7^{cm^3} d'eau distillée ; on filtre sur une toile en exprimant; on obtient ainsi une solution d'albumine à 10 pour 100 environ.

Mode opératoire. — On acidule 25^{cm^3} de vin avec 2 gouttes d'acide sulfurique et l'on introduit le liquide dans un ballon de 50^{cm^3} muni d'un tube de condensation entouré d'un réfrigérant sur une longueur de 20^{cm} ; la distillation doit être lente : on reçoit le liquide distillé dans une éprouvette graduée de 50^{cm^3}, les cinq premiers centimètres cubes sont rejetés et l'on recueille seulement les 5^{cm^3} qui suivent, bien que de la formaldéhyde continue à se dégager dans la suite de la distillation. Sur ce fractionnement, on fait l'essai suivant : dans l'éprouvette qui le contient, on ajoute 1^{cm^3} de réactif albumineux, puis trois volumes, c'est-à-dire 18^{cm^3} d'acide chlorhydrique nitreux; on agite et l'on verse dans un tube à essai que l'on place dans un bain-marie à 50° ; si l'aldéhyde formique est présente, on obtient une coloration violette atteignant son maximum d'intensité en 10 minutes. Un vin contenant par litre 1^{cg} d'urotropine et 500^{mg} de SO^2 total fournit ainsi une coloration violette intense.

Par cette méthode on peut reconnaître l'urotropine dans un vin à la dose de 1^{mg} par litre, même en présence de 700^{mg} de SO^2 total, c'est-à-dire du double de la dose légale; on obtient ainsi une coloration violette bien nette. Cette sensibilité se trouve encore augmentée et portée à $\frac{1}{10000000}$, ce qui correspond à $\frac{1}{10}$ de milligramme d'urotropine par litre, pour un vin contenant la dose légale de 350^{mg} de SO^2 total.

Ces limites ont été établies avec des vins blancs ou rouges, soumis pendant plusieurs mois à l'action combinée de l'acide sulfureux et de l'urotropine : en pratique, ces doses infinitésimales ne se présenteront jamais, les quantités de cet *anti-soufre* ajoutées à un moût ou à un vin étant proportionnées à celles de l'acide sulfureux qu'elles doivent dissimuler.

Un vin fortement sucré, à 100^g ou même 150^g de sucre par litre, soumis à la distillation en présence de l'acide sulfurique dans les conditions précédentes, ne donne de formaldéhyde décelable par le réactif albumine-acide chlorhydrique nitreux, que dans les fractionnements qui suivent les dix premiers centimètres cubes.

En résumé, cette méthode de recherche de l'urotropine présente les qualités suivantes : spécificité, simplicité, et sensibilité. J'ajoute qu'elle peut se prêter à un dosage colorimétrique au moins approximatif, à condition d'aciduler suffisamment le vin pour dégager toute l'aldéhyde combinée et d'utiliser pour la préparation de l'échelle, un vin à teneurs sulfitique et sucrée équivalentes à celles du vin incriminé; ce dosage sera avantageusement contrôlé par celui de l'ammoniaque existant dans le liquide non distillé.

La formation d'aldéhyde formique dans l'action des acides sur les solutions de sucres est un fait que je me propose de préciser ultérieurement : enfin, si l'on envisage la genèse aussi fréquente que variée de cette aldéhyde, en particulier son existence parmi les produits d'oxydation de l'alcool

éthylique, cette question de l'urotropine dans les vins présente à l'esprit un autre problème intéressant, à savoir si des traces de méthanal ne prendraient pas naissance à côté de l'éthanal, dans les vins et les eaux-de-vie, en particulier pendant leur vieillissement.

CRYPTOGAMIE. — *Matériaux pour une classification rationnelle des* Fungi imperfecti. Note de M. **P. Vuillemin**, présentée par M. Guignard.

Dans les systèmes usuels, dont le caractère empirique saute aux yeux, les *Fungi imperfecti* ou Deutéromycètes sont répartis en trois classes : *Sphæropsidales*, *Melanconiales* et *Hyphales*. Cette dernière est subdivisée, d'après des apparences superficielles, en Mucédinées, Dématiées, Stilbellacées et Tuberculariacées. Les deux premiers ordres réunissent toutes les espèces dont les spores sont portées sur des filaments disséminés, hyalins (Mucédinées) ou fuligineux (Dématiées). Les Stilbellacées sont caractérisées par des sporophores réunis en bouquet (*coremium*), les Tuberculariacées par des sporophores groupés en coussinet (*sporodochium*). Ces caractères, quoique très apparents, indiquent mal les affinités, car une même espèce peut, selon les circonstances extérieures, répondre successivement à la définition des Mucédinées (ou Dématiées), des Stilbellacées et des Tuberculariacées. Il faut chercher des caractères plus fixes auxquels les précédents seront subordonnés.

La *conidie* est l'élément le plus stable qui puisse, à défaut d'asque ou de baside, servir de base à la classification des Champignons à thalle primitivement cloisonné (*Hyphomycetæ* sensu latiori).

La conidie, opposée au thalle (mycélium) dès son apparition, ne sera confondue ni avec les *thallospores*, éléments sporiformes qui ont d'abord fait partie du thalle et se sont adaptés secondairement à la fonction reproductrice (*arthrospores* ou fragments de mycélium, *blastospores* ou globules bourgeonnants, *chlamydospores*), ni avec les *hémispores* qui, primitivement distinctes du thalle (protoconidies), continuent à végéter pour se fractionner en deutéroconidies (*Hemispora*, *Helicomyces*, *Helicosporium*, etc.). Les conidies vraies caractérisent la classe des Conidiosporés, mieux définie que les Hémisporés et les Thallosporés avec lesquels elle est généralement confondue.

Les complications de l'appareil conidien permettent d'établir une gradation parmi les Conidiosporés.

Le rameau qui sert de support immédiat aux conidies a souvent la forme d'un flacon avec un ventre et un col, rappelant une baside monosporée et son stérigmate. Le nom de *baside* devant être réservé à l'organe caractéristique des Basidiomycètes, le rameau conidiophore en flacon prendra celui de *phialide* (φιάλη, *phiala*, flacon). Abstraction faite des cas où elle se complique ou se réduit secondairement, la phialide typique forme les conidies exclusivement au sommet du col. Tantôt elle s'épuise en donnant une seule conidie, tantôt elle en produit plusieurs successivement et en direction basipète. Celles-ci peuvent s'isoler au fur et à mesure de leur formation, rester agglutinées ou former des chaînettes ou chapelets plus ou moins longtemps cohérents. L'existence d'une phialide fournit le caractère taxinomique le plus fixe après l'existence des conidies; elle caractérise parmi les Conidiosporés la division des Phialidés.

Les rameaux qui portent les phialides (phialophores) présentent, de leur côté, des aspects particuliers diversement fixés.

S'il ne faut pas s'exagérer l'importance des renflements en tête des *Aspergillus*, des vésicules interposées entre la tête et les phialides chez les *Sterigmatocystis*, non plus que des autres modifications liées directement à l'accumulation de nombreux rameaux sur un espace restreint, il convient de tenir compte des branches spécialisées telles que les palettes qui portent ces phialides dans le genre *Coemansia* van Tieghem. Ces phialophores comprennent une portion de forme particulière, qui, préparant la production des phialides, prendra le nom de *prophialide*. Cet organe est cloisonné chez les Coémansiées; nous en connaissons une forme simple, néanmoins bien différenciée, dans un nouveau genre que nous nommerons *Urophiala* et que nous prendrons pour type des Prophialidés.

La prophialide des *Urophiala* naît, comme celle des *Coemansia*, de l'avant-dernière cellule du rameau phialophore et porte les phialides sur sa face concave; elle en diffère parce qu'elle reste indivise et se cutinise fortement. Dans l'*Urophiala mycophila* nov. sp., sa prophialide, d'un brun sombre, ressemble à une palette brusquement coudée vers le tiers supérieur et portant, sur le promontoire qui surplombe la concavité, trois phialides juxtaposées, hyalines, en forme d'estomac, terminées chacune par une conidie ovale, lisse, incolore, unicellulaire, de $5^{\mu},5\text{-}7^{\mu} \times 4^{\mu}\text{-}5^{\mu}$. La prophialide, qui mesure en moyenne $11^{\mu} \times 7^{\mu} \times 4^{\mu}$, est surmontée d'un appendice terminal cylindrique et portée par un pédicelle 0-2 septé.

Dans un spécimen où la prophialide était avortée, l'appendice s'était allongé en un phialophore normal. Dans de rares exemplaires, l'appendice terminal fait défaut; l'un d'eux, en même temps dépourvu de phialide médiane, rappelait l'*Urobasidium rostratum* Giesenhagen. Ce dernier genre est déplacé parmi les Basidiomycètes; l'organe décrit comme baside ressemble à la prophialide d'*Urophiala;* celui qu'on a comparé aux stérigmates est peut-être une phialide contractée.

L'ordre des Prophialidés se range en tête des Conidiosporés avec les genres *Urophiala*, dont le genre *Urobasidium* est probablement voisin, les genres *Coemansia* van Tieg., *Coronella* Crouan. Dans ce dernier, les phia-

lides avortent ou fonctionnent directement comme conidies en raison du progrès et de l'association des prophialides.

L'ordre des PHIALIDÉS qui le précède est très vaste. Il rassemblera une foule d'espèces disséminées jusqu'ici dans les classes, les familles les plus diverses et même dans des genres hétérogènes. Le *Sporotrichum roseum* Link, le *Botrytis Bassiana* Bals., les genres *Verticillium, Acremonium, Penicillium, Aspergillus,* etc., en font partie. Il sera subdivisé d'après le groupement des spores, leur structure; on fera intervenir en dernier lieu les caractères empiriques jusqu'ici employés exclusivement ou placés au premier plan.

Viennent ensuite les Sporophorés moins déterminés et, au rang inférieur des Conidiosporés, les Sporotrichés où les conidies sont portées directement par les filaments végétatifs.

CHIMIE AGRICOLE. — *Un effet du drainage.* Note de M. **BIÉLER-CHATELAN**, présentée par M. A. Chauveau.

Les expériences faites par la Station agronomique de Lausanne (Suisse) pour déterminer l'action des engrais potassiques sur prairies naturelles ont révélé un fait intéressant qu'il vaut la peine de rapporter.

A Macheiry et à Colovrex près Genève, deux prairies voisines, quoique situées sur des sols presque identiques de marne glaciaire (nommée *diot* dans la région) ont été assez différemment influencées par l'engrais potassique. Les excédents de récolte dus à la potasse étaient en moyenne (fourrage sec à l'hectare) :

A Macheiry, de........................	17 pour 100
A Colovrex, de........................	6 pour 100

D'après ces chiffres, on serait tenté de croire que la terre de Macheiry, où les excédents sont trois fois plus forts qu'à Colovrex, est la plus pauvre en potasse. Or l'analyse chimique montre justement le contraire. Elle décèle :

	Potasse soluble	
	dans l'acide chlorhydrique concentré froid, pour 100.	dans l'eau carbonique par déplacement, pour 100.
A Macheiry................	1,9	0,108
A Colovrex................	1,6	0,090

La terre de Macheiry se montre donc mieux pourvue de potasse que celle

de Colovrex et pourtant c'est elle qui a le plus bénéficié de l'engrais potassique. Voilà une contradiction bien énigmatique dont l'analyse chimique ne nous donne pas la clef, mais que des observations faites sur le terrain permettent d'expliquer.

On remarque en effet que la prairie de Macheiry occupe une sorte de cuvette, au bas d'une pente où l'eau s'accumule et s'écoule difficilement, faute de drainage. Il en résulte que cette terre, déjà fort compacte de sa nature (plus qu'à Colovrex), souffre de l'excès d'humidité et du manque d'aération. La nitrification paresseuse, la circulation pénible de l'air et de l'eau font que les principes nutritifs solubles, notamment la potasse, s'assimilent lentement et mal. On conçoit dès lors qu'il faille en quelque sorte suppléer à cette nutrition défectueuse en donnant aux plantes une nourriture artificielle sous forme d'engrais potassique.

A Colovrex, au contraire, la situation est plus favorable. La prairie est à flanc de coteau, au bord d'un ravin où l'eau trouve un écoulement facilité par le drainage. De plus elle succède à une vigne dont le sol était fréquemment ameubli. Il en résulte que la terre est moins compacte, plus perméable et plus saine qu'à Macheiry; elle est aussi plus productive. L'air et l'eau y circulent facilement, favorisant l'assimilation de la potasse soluble par les racines. Les plantes profitent ainsi mieux de ce que le sol lui-même contient, en sorte que le besoin d'un engrais potassique s'y fait bien moins sentir qu'à Macheiry.

En résumé, il semble bien qu'il y ait là un effet manifeste du drainage. Celui-ci, en créant dans le sol une circulation d'air et d'eau, active et renouvelle l'assimilation des principes solubles, sans compter que les racines s'enfoncent davantage et peuvent ainsi utiliser un plus grand cube de terre.

Cet exemple est non seulement intéressant en soi, mais encore il montre que l'analyse chimique à elle seule ne saurait résoudre, dans tous les cas, le problème de la fertilité du sol. L'analyse donne, il est vrai, des indications fort utiles, mais elle n'est pas un critère infaillible et demande à être contrôlée par l'expérience en plein champ. Pour l'interpréter sainement, il faut l'étayer sur l'examen des conditions *topographiques* et *physiques* du sol en place : orientation, pente, profondeur du terrain, approvisionnement et écoulement de l'eau, texture, surface d'attaque, perméabilité de la terre, etc. Il est bien évident par exemple qu'à dose égale de principes assimilables, une terre profonde, où les racines peuvent s'étendre à leur aise, sera plus productive qu'un sol superficiel, ou bien qu'une terre perméable se montrera plus fertile qu'une terre trop compacte, etc.

On remarquera que, dans ces deux terres de Colovrex et de Macheiry, la dose de potasse soluble dans l'eau carbonique est notablement inférieure au

chiffre 0,15 à 0,20 pour 100, indiqué dans une Note précédente (*Comptes rendus* du 14 mars) comme limite en dessous de laquelle les engrais potassiques peuvent être efficaces. A Macheiry, ils ont produit de l'effet, mais à Colovrex presque point. C'est un cas *exceptionnel*, qui s'explique à la fois par le drainage et par le fait que cette terre, fortement calcaire (20 pour 100), livre relativement peu de potasse à l'eau carbonique.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Action des rayons ultraviolets sur les trypanosomes*. Note de MM. **H. Bordier** et **R. Horand**, présentée par M. Armand Gautier.

Dans une première Note (¹) nous avons fait connaître l'action rapidement destructive des rayons ultraviolets sur le trypanosome *Lewisi;* nous disions que la préparation, rapportée sur la platine de l'ultramicroscope après l'action des rayons, ne permettait pas de retrouver les cadavres de ces protozoaires. Nous nous sommes attachés, depuis, à résoudre le problème suivant : Que deviennent les trypanosomes pendant et après l'irradiation?

Sa solution a été possible grâce à l'idée que nous avons eue de faire agir les rayons ultraviolets sur la préparation placée sur la platine même de l'ultramicroscope; ce dispositif nous a permis d'observer les trypanosomes pendant l'action des rayons et d'assister à leur agonie, puis à leur mort.

Nous avons obtenu ce résultat en prenant, pour étaler la gouttelette de sang, une lame de quartz perpendiculaire à l'axe, et de $0^{mm},5$ d'épaisseur seulement; notre source de rayons ultraviolets, la lampe de Kromayer, était placée en avant du miroir du microscope, à une distance telle que le faisceau, d'abord horizontal, avait à parcourir 10^{cm} avant de venir traverser la préparation; celle-ci était sûrement ainsi soustraite à l'action de la zone calorifique de la lampe, qui ne s'étend qu'à 3^{cm} ou 4^{cm}. L'absorption des rayons ultraviolets par la substance formant le condensateur de l'ultramicroscope et la modification ainsi apportée dans la qualité des rayons ont été compensées par la durée de l'irradiation.

Nous avons eu soin de nous protéger les yeux avec des lunettes de verre opaque pour les rayons, et la figure avec une grande feuille de papier noir, laissant passer le tube du microscope; nos mains étaient recouvertes par des gants absorbants.

(¹) *Comptes rendus*, séance du 7 mars 1910.

Les choses étant ainsi disposées, nous avons reconnu que les trypanosomes éclairés par les rayons de la lampe à vapeur de mercure sont très visibles, plus visibles même qu'avec la lampe à arc; ils apparaissent avec une couleur or vert, les globules rouges deviennent très rapidement crénelés et mûriformes, leur couleur est vert émeraude : nous avons déjà mentionné la transformation de l'oxyhémoglobine en méthémoglobine et en hémoglobine réduite par l'action des rayons ultraviolets ([1]).

Avec cet éclairage ultraviolet, le contour des trypanosomes est très net; le protoplasma renferme, à peu près en son milieu, un noyau assez gros; autour de celui-ci dansent de fines granulations colloïdales qui forment le bioblaste; vers l'extrémité antérieure, on observe la volumineuse vacuole ou vésicule contractile. En arrière, se trouve la petite masse chromatique, le centrosome, d'où part le long flagelle; ce centrosome est le siège d'une vive luminescence; enfin, la membrane ondulante se dessine très bien sur le fond franchement noir.

Au bout de quelque temps, les mouvements des trypanosomes, d'abord très rapides, deviennent plus lents; ils se fouissent sous les globules rouges altérés; ils prennent des mouvements de contorsion et se laissent entraîner par les courants liquides. Ces Flagellés ne tardent pas à devenir granuleux et le nombre de granulations augmente avec la durée d'action des rayons, on assiste à la formation d'un grand nombre de ces grains réfringents pendant que les trypanosomes deviennent de plus en plus immobiles. Leur protoplasma s'est alors décoloré, l'indice de réfraction de ce qui reste du protozoaire est devenu le même que celui du sérum ambiant et l'on ne peut plus distinguer les cadavres du reste de la préparation. Le centrosome est difficilement perceptible.

Des préparations, fixées et colorées au Leishmann, nous ont permis de préciser ces observations et de retrouver les formes de dégénérescence des trypanosomes.

Nos expériences montrent donc que, sous l'influence des rayons ultraviolets, les trypanosomes deviennent rapidement très granuleux et leurs cadavres ratatinés, étant transparents et de même indice que le milieu ambiant, sont impossibles à retrouver quand on fait agir à part les rayons et qu'on rapporte ensuite la préparation sous l'ultramicroscope éclairé avec une lampe à arc.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Toxicité de l'arsenic métalloïdique*. Note de M. **Lecoq**, présentée par M. A. Haller.

L'arsenic métalloïdique pur, non oxydé, administré à dose massive, par la voie stomacale, est peu toxique.

La préparation d'une solution colloïdale d'arsenic métalloïdique a permis

---

([1]) *Arch. d'Électr. médicale*, 1908, p. 316 et 323.

d'évaluer la toxicité de ce métalloïde administré par voie sous-cutanée ou intraveineuse et de poursuivre la comparaison avec la toxicité de ses composés oxygénés solubles.

La solution utilisée contenait, par centimètre cube, $0^{g},00078$ *d'arsenic pur*, complètement exempt d'acide arsénienx. La toxicité a été évaluée suivant la méthode de Bouchard et nous appelons *dose toxique* la dose de poison, administrée en une seule fois, nécessaire pour tuer 1^{kg} d'animal en moins de 24 heures.

Les expériences ont porté sur le cobaye et le lapin.

Par voie sous-cutanée, la dose toxique pour le cobaye a été de $0^{g},0145$.

Par voie intraveineuse, chez le lapin (injection lente dans la veine marginale), la dose toxique a été de $0^{g},0086$.

Lorsque la dose injectée est insuffisante pour provoquer la mort, on observe, chez les animaux, de l'abattement, de la somnolence, un amaigrissement rapide, puis le retour à l'état normal. On n'observe aucun des phénomènes de dyspnée et de convulsions qui apparaissent rapidement avec les composés oxygénés. Ces symptômes apparaissent seulement quelques instants avant la mort, lorsque l'arsenic métalloïdique a été administré au lapin par voie intraveineuse à dose mortelle.

Si l'on compare les chiffres obtenus dans ces expériences aux doses toxiques d'acide arsénieux trouvées, dans les mêmes conditions et pour les mêmes animaux, par Brouardel (*L'arsénicisme*, p. 15), on voit que la toxicité de l'arsenic métalloïdique, administré par la voie sous-cutanée ou endoveineuse, est très inférieure à celle de l'acide arsénieux.

ZOOLOGIE. — *Sur un Oiseau de la famille des Coureurs, particulier aux hauts sommets des Andes péruviennes*. Note de M. **M.-Emm. Pozzi-Escot**. (Extrait par M. Edmond Perrier.)

Dans la dernière excursion que j'ai eu l'occasion de faire pendant les mois de janvier et février dans la région de la Sierra péruvienne, mon attention a été particulièrement attirée, au milieu de la merveilleuse faune ornithologique de cette région, par un Coureur particulièrement intéressant, qui est probablement un Vanneau armé (*Balanopterus chilensis*).

Ce n'est qu'à partir de 3800^{m} d'altitude qu'on rencontre cet Oiseau, dont le cri est très fort et ressemble à celui de la Crécelle ; il semble avoir

son lieu de prédilection au voisinage des neiges éternelles et dans les grandes *punas* de la Cordillère à 4000^{m}-4500^{m} d'altitude; on a l'occasion d'en rencontrer plusieurs couples par jour; il vit seul ou par couple seulement et se plaît à s'élever très fréquemment dans l'air en criant très fort.

Dans mes précédents voyages à la Cordillère je n'avais jamais rencontré cet Oiseau, et il est probable que la rencontre que j'en ai faite cette fois est due à ce que mon voyage a coïncidé avec la période hivernale et des grandes pluies qui l'ont obligé à descendre des hauteurs peu accesssibles, où il m'avait jusqu'à présent échappé, car, je le répète, jamais je ne l'ai rencontré à moins de 3800^{m} d'altitude.

BACTÉRIOLOGIE. — *Reproduction expérimentale du bouton d'Orient chez le chien. Origine canine possible de cette infection.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **L. Manceaux**, présentée par M. E. Roux.

Il est généralement admis que le bouton d'Orient est transmis à l'homme par la piqûre d'un insecte. Le siège presque exclusif des lésions sur les régions découvertes, la constatation faite par plusieurs malades de l'animal piqueur au moment de l'inoculation, laissent peu de doutes à ce sujet.

Il semble cependant que les deux facteurs homme et insecte ne soient pas suffisants pour expliquer l'étiologie de la maladie. Celle-ci, dans l'Afrique Mineure, se montre toujours à la même époque de l'année et ne paraît guère se contracter en dehors de septembre et octobre. Ces deux mois sont, sans doute, ceux auxquels vit l'insecte inconnu qui transmet le mal.

Quoique la durée du bouton d'Orient puisse atteindre 6 mois et plus, il est difficile d'admettre que l'homme constitue l'unique réservoir du virus. Les quelques lésions qui subsistent d'une année à l'autre ne sont plus, en été, que des plaies banales où l'agent spécifique ne peut être rencontré, et il n'est point vraisemblable que l'insecte piqueur vienne précisément s'y infecter. D'autre part, s'il y a passage de la *Leishmania* dans le sang, ce passage ne peut avoir lieu que dans la période de début.

Il faut donc admettre, pour expliquer le retour saisonnier de la maladie, ou bien que chez l'insecte la transmission est héréditaire ou bien, ce qui serait plus simple, qu'un animal à côté de l'homme joue le rôle de réservoir

de virus. C'est vers la découverte de cet agent hypothétique que depuis deux ans nous avons dirigé nos recherches.

La distribution géographique du bouton d'Orient, sous une même latitude (probablement en rapport avec l'habitat de l'insecte piqueur ou les conditions d'évolution chez lui de la *leishmania*), mais dans des pays très différents : Afrique du Nord, Asie centrale, Sud Amérique, montre qu'il ne peut s'agir dans notre hypothèse que d'un commensal de l'homme dont la présence serait constante dans toutes ces régions. Nos recherches ont donc visé principalement le chien, les équidés, le rat, la chauve-souris. Dans le but de les poursuivre sur place, nous avons établi un laboratoire à Gafsa, centre historique du bouton d'Orient en Tunisie. Le hasard a fait que durant les deux années (1908 et 1909) que le laboratoire a fonctionné il ne s'est produit chez l'homme aucun cas de bouton d'Orient ; le résultat entièrement négatif de notre enquête sur le réservoir du virus n'eut donc point de quoi nous surprendre.

Le seul foyer actuel du bouton d'Orient dans la Régence est la ville minière de Metlaoui (45^{km} à l'ouest de Gafsa). Avant de commencer une enquête nouvelle dans ce centre, nous avons eu l'idée de chercher l'animal réservoir par une autre méthode, l'inoculation du virus humain. Grâce à la complaisance de M. Bursaux, directeur de l'exploitation des phosphates et de notre très distingué confrère le Dr Coignerai, médecin de la Compagnie, il nous a été possible de faire venir à Tunis trois malades atteints de bouton d'Orient. Le matériel de nos expériences a été prélevé sur eux.

De tous les animaux inoculés : chiens, chats, ânes, cheval, moutons, chèvres, rats, singes, seuls les singes et les chiens ont réagi. Chez le chien, l'aspect clinique est celui du bouton de l'homme et l'examen microscopique donne les mêmes résultats que chez celui-ci. Les observations suivantes que nous résumons brièvement le prouvent :

Chien B. — Inoculé le 1er février au front et sur le nez, dans la peau. Rien jusqu'au 10 mars. A cette date (*incubation : 37 jours*), induration légère et profonde aux deux points inoculés. Même état le 16. Le 21, les lésions ont progressé surtout le bouton du nez qui fait une saillie nette à l'œil, rouge, dure, non douloureuse, de 15^{mm} environ sur 7^{mm}; la peau est intéressée; ni suintement, ni desquamation.

Chien C. — Inoculé le 1er février au nez et à la paupière supérieure droite, dans la peau. *Incubation 37 jours*. Le 10 mars, induration nette des deux points inoculés. Le 16, les lésions se sont accrues; le bouton de la paupière est saillant, de la dimension d'une lentille, il est rouge, dur, non douloureux. On l'excise; sur les frottis présence de *Leishmania* typiques extracellulaires. Le 21, même état du bouton du nez.

Chien D. — Inoculé le 7 février sur le nez, dans la peau. Début du bouton vers le 15 mars (*incubation : 36 jours*). Le 22, le bouton présente le volume d'un gros grain de blé; il est saillant, dur, rouge, non douloureux. On l'excise; sur les frottis présence de *Leishmania*, très nombreuses extra et intracellulaires; aspect identique à la préparation du bouton humain le plus riche en parasites. Ce bouton a été utilisé pour de nombreuses inoculations.

Chien E. — Inoculé le 7 février à la paupière supérieure, dans la peau. Début vers le 15 mars (*incubation: 36 jours*). Le 21, bouton typique, du volume d'un petit pois, rouge, saillant, dur, non douloureux, non ulcéré, non squameux.

Le chien est donc, au même titre que l'homme et le singe, sensible à l'inoculation du virus. Cette réceptivité rend très plausible l'hypothèse de l'origine canine du bouton d'Orient. Pour la démontrer, il sera nécessaire de retrouver la maladie spontanée chez le chien dans les pays à bouton.

Plusieurs observations semblent y prouver son existence ; mais il faut avouer qu'elles ne sont point très concluantes. Le contrôle microscopique manque (Depéret et Boinet) ou a donné un résultat négatif (James). Un chien du Caucasse étudié par Dschunkowsky et Luhs et atteint de leishmaniose naturelle (Kala Azar sans doute) présentait des ulcérations dans lesquelles la présence de *Leishmania tropica* ne semble point avoir été recherchée. Ajoutons d'autre part que jusqu'à présent les tentatives d'inoculation du virus humain au chien avaient échoué (Depéret et Boinet).

HYDROLOGIE. — *De la recherche des substances fluorescentes dans quelques eaux minérales*. Note de M. F. **Dienert**, présentée par M. E. Roux.

Dans nos précédentes Notes [1], nous avons signalé la présence de substances fluorescentes, d'origine organique, dans les eaux superficielles et souterraines. Nous nous proposons, dans cette Note, d'indiquer les résultats des recherches de ces substances dans quelques eaux minérales des régions de Vichy, Clermont-Ferrand, des monts Dore et de Spa [2].

---

[1] *Comptes rendus*, 25 mai 1908 et 21 février 1910.

[2] Ces eaux ont été prélevées par nous-mêmes aux griffons de la source, toutes les fois que ce fut possible, ou à la vasque de l'établissement thermal quand le griffon était inaccessible; grâce à l'amabilité du Dr Porkin, nous pûmes également étudier les eaux des sources de Spa.

Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau ci-dessous ([1]) :

Sources.	Température.	Résidu fixe en grammes.	Quantité de fluorescéine ([2]).
Vichy :			
Grande Grille	43°	5,02	5,9×10⁻⁴
Hôpital	34°	5,18	12,4×10⁻⁴
Mesdames	15°	»	8,8×10⁻⁴
Célestins	Froide	4,77	51,9×10⁻⁴
Lucas	28°	5,02	10,6×10⁻⁴
Saint-Yorre :			
Jacquin	15°	»	7,0×10⁻⁴
Larbaud	15°	»	13,0×10⁻⁴
Mont-Dore :			
Margueritte	Froide	2g à 3g par litre	4,7×10⁻⁴
Madeleine	Entre 38° et 47°		10,6×10⁻⁴
César			4,7×10⁻⁴
Ramond			8,8×10⁻⁴
Saint-Nectaire :			
Papin	45° à 55°	Peu minéralisée	17,7×10⁻⁴
Morange	10° à 12°	Id.	17,7×10⁻⁴
Parc	18°	Minéralisation moyenne	12,7×10⁻⁴
Coquille	18° à 24°	Forte minéralisation	12,7×10⁻⁴
Gros-Bouillon	37° à 41°	Id.	6,3×10⁻⁴
Royat :			
César	28°	2,857	29,5×10⁻⁴
Saint-Mart	31°	4,474	23,6×10⁻⁴
Saint-Victor	20°	4,782	13,6×10⁻⁴
Villeda	14°,5	0,274	50,7×10⁻⁴
Sainte-Eugénie	35°,5	5,623	19,4×10⁻⁴
Clermont-Ferrand :			
Gassion	»	»	354,0×10⁻⁴
Bourboule :			
Choussy	56°	4,938	17,1×10⁻⁴
Croizat	»	»	8,2×10⁻⁴
Spa :			
Position de Wellington	»	»	1,1×10⁻⁴
Position de Condé	»	»	44,2×10⁻⁴

([1]) Toutes ces eaux, sauf la source goudronneuse Gassion, de Clermont-Ferrand, furent, pour ces recherches, évaporées au $\frac{1}{30}$ de leur volume.

([2]) Cette fluorescéine est exprimée en milligrammes par litre et donne la même fluorescence que les substances contenues dans les eaux ci-dessus (en lumière rouge bleu).

On tire de ce Tableau les conclusions suivantes :

A. Toutes les eaux étudiées contiennent des substances fluorescentes, mais la plupart en très faible quantité;

B. Très souvent, on trouve que plus la température des eaux est élevée moins il y a de substances fluorescentes;

C. Les substances fluorescentes sont d'autant plus rares que le résidu fixe des eaux est plus élevé;

D. A Spa, la quantité de substances fluorescentes est d'autant plus faible que la source est mieux captée. Cette remarque semble générale et peut être appliquée aux autres sources;

E. Parmi les eaux étudiées, ce sont celles du mont Dore qui sont les moins fluorescentes, et les eaux goudronneuses (¹) sont les plus riches en ces substances.

Ces recherches peuvent être intéressantes, quand il s'agit de faire un captage rationnel des eaux minérales et complètent les caractères indiqués par M. A. Gautier dans sa Note du 21 janvier 1910, pour différencier les eaux minérales des eaux d'origine superficielle.

Nos études actuelles pour différencier les différentes substances fluorescentes ne nous permettent pas encore de classer dans des catégories nettement délimitées celles provenant de la surface du sol de celles d'origine profonde (¹). Nous avons toutefois fait une remarque qui nous paraît présenter le plus grand intérêt. A côté des substances organiques fluorescentes les eaux possèdent d'autres substances organiques dont quelques-unes deviennent fluorescentes par chauffage sous pression à 130° pendant 30 minutes, action qu'on augmente encore en ajoutant à ces eaux une quantité assez grande d'ammoniaque (5 pour 100). Toutes les eaux dites *potables* et les eaux contaminées augmentent de fluorescence sous l'action de la chaleur, les eaux minérales bien captées que nous avons essayées ne changèrent pas de fluorescence. Ce dernier résultat s'explique fort bien puisque les eaux minérales étudiées avaient été portées dans le sol à une température au moins égale, sinon supérieure à 130°, et il était à prévoir qu'un nouveau chauffage à 130° serait sans effet sur leur fluorescence.

(¹) On devait s'attendre à ce résultat, car toutes les substances goudronneuses sont en effet riches en substances fluorescentes.

(²) M. A. Gautier nous a fait connaître qu'en chauffant à 600° les roches, il a obtenu avec l'eau condensée de petites quantités de matières goudronneuses.

M. **Bertainchand**, à l'occasion de la Note présentée dans la dernière séance par M. *Dugast*, annonce qu'il a également trouvé de l'acide borique dans les vins de Tunisie.

La séance est levée à 4 heures et demie.

Ph. v. T.

ERRATA.

(Séance du 14 février 1910.)

Note de M. *Marcel Delépine*, Sur l'aldéhyde dimère de l'aldéhyde crotonique et l'acide correspondant :

Page 396, ligne 15, *au lieu de* trouvé P. M., 189-193, *lire* 89-93.

(Séance du 14 mars 1910.)

Note de M. *Charles Nordmann*, Sur les atmosphères absorbantes et les éclats intrinsèques de quelques étoiles :

Page 671, ligne 20, *au lieu de* 31900, *lire* 319000.

Note de M. *H. Larose*, Sur l'équation des télégraphistes :

Page 682, ligne 18, formule (4), *au lieu de*

$$e^{-\frac{t}{\tau}} J_0 \ldots + 2 \sum \ldots,$$

lisez

$$e^{-\frac{t}{\tau}} \left\{ J_0 \ldots + 2 \sum \ldots \right\}.$$